Міністерство освіти та науки України
Національна металургійна академія України

Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики

Збірник наукових праць
Випуск VII

Том 2

Кривий Ріг
Видавничий відділ НМетАУ
2008

УДК 371

Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск VII: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2008. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – 367 с.

Збірник містить статті з різних аспектів дидактики фізики і проблем її викладання в вузі та школі. Значну увагу приділено питанням впровадження комп'ютерного моделювання у навчальний процес та модернізації фізичної освіти в контексті орієнтирів Болонського процесу.

Для студентів вищих навчальних закладів, аспірантів, наукових та педагогічних працівників.

Редакційна колегія:

В.М. Соловйов, доктор фізико-математичних наук, професор
М.І. Жалдак, доктор педагогічних наук, професор, академік АПН України
Ю.С. Рамський, кандидат фізико-математичних наук, професор
В.І. Клочко, доктор педагогічних наук, професор
С.А. Раков, доктор педагогічних наук, професор
Ю.В. Триус, доктор педагогічних наук, професор
П.С. Атаманчук, доктор педагогічних наук, професор
Ю.О. Дорошенко, доктор технічних наук, професор
О.Д. Учитель, доктор технічних наук, професор
І.О. Теплицький, кандидат педагогічних наук, доцент (відповідальний редактор)
С.О. Семеріков, кандидат педагогічних наук, доцент (відповідальний редактор)

Рецензенти:

Г.Ю. Маклаков – д-р техн. наук, професор кафедри інформаційних технологій навчання Севастопольського міського гуманітарного університету, науковий керівник лабораторії розподілених систем навчання та дистанційної освіти

А.Ю. Ків – д-р фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної фізики Південноукраїнського державного педагогічного університету (м. Одеса)

Друкується згідно з рішенням ученої ради Національної металургійної академії України, протокол №7 від 6 березня 2008 р.

ISBN 966-8413-20-2

Розділ I

Комп'ютерне моделювання в навчанні фізики

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ

О.В. Гулов
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет
gulov@ff.dsu.dp.ua

Сьогодні викладання фізики у вищих навчальних закладах стикається із складними методичними проблемами. З одного боку, фізика є точною наукою і потребує від студента опанувати сучасні математичні методи, без яких неможливо описати фундаментальні закони природи та вірно застосовувати їх до опису природних явищ. Можна сказати, що математика є мовою фізики. З іншого боку, фізика ґрунтується на експериментальному досвіді і описує явища, що можуть спостерігатися. Таким чином, студенту треба чітко уявляти фізичний зміст кожного математичного символу чи математичної операції, щоб розуміти, про що йдеться в тих чи інших формулах.

Мусимо визнати, що сучасна середня і вища освіта не формує такі навички у середньостатистичного студента. Базові математичні курси сприймаються великою кількістю студентів не як вміння виводити висновки за певними правилами, а як великий обсяг інформації, що має бути вивчена лише задля отримання оцінки і не буде застосовуватися в практичному житті. Відповідне ставлення потім автоматично переноситься на фізичні дисципліни. Врешті, це призводить до систематичного зниження реального рівня освіти, інтелектуальної продуктивності та конкурентоспроможності сучасного випускника вищих навчальних закладів.

Безумовно, згадана вище проблема має велику кількість різних суспільно-економічних причин і не може бути цілком розв'язана суто методичними новаціями в навчанні. Однак, певні методичні заходи можуть дати покращення рівня освіченості студента. У даній статті описано позитивний досвід застосування комп'ютерного моделювання при навчанні студентів старших курсів, що спеціалізувалися за напрямком «Викладання фізики в школі».

Протягом декількох років частині студентів 3–5 курсу пропонувалось написати курсову роботу, випускну роботу бакалавра та дипломну роботу, присвячену розробці моделі фізичного явища, реалізації цієї моделі на комп'ютері та подальшому створенню освітньої комп'ютерної програми для середньої школи. Умовою роботи передбачалось, що в модель мають бути закладені фундаментальні закони природи, а результатом має бути спостереження більш складного природного явища. Решта студентів тих самих академічних груп отримали теми, спрямовані переважно на роботу з друкованою літературою.

Незважаючи на те, що теми, присвячені комп'ютерному моделюванню, передбачали додаткове навчальне навантаження (самостійне опанування

нової для цих студентів мови програмування Java, написання та тестування самої комп'ютерної програми, візуалізація і презентація результатів), кількість бажаючих взяти такі теми постійно перевищувала кількість запропонованих тем. У процесі роботи студентів над темою спостерігалися наступні позитивні досягнення:

1) у свідомості студентів формувався асоціативний зв'язок між формулами, що репрезентують фізичні закони, та реальними явищами, що спостерігаються в експерименті. Покращувалось розуміння змісту та ролі фізичних законів при описі природних об'єктів та явищ. Як наслідок, зростав середній бал студентів. На захисті дипломних робіт ці студенти вміли чітко і зрозуміло презентувати свою роботу, адекватно відповідати на поставлені питання і отримали найвищі оцінки;

2) зростала самостійність і відповідальність студентів, формувалося розуміння, що мірою успішності є чесний, власними силами отриманий результат. Комп'ютер виступав у ролі жорсткого об'єктивного арбітра, який вимагав ліквідації всіх помилок в програмі і врахування всіх необхідних фізичних законів в алгоритмі. Комп'ютер також стимулював спрямованість на конкретний результат, оскільки його не можна умовити не звертати уваги на недоробки чи незавершеність дослідження;

3) підвищувалася мотивація до навчання та творчої роботи. Відомо, що вивчення сучасних мов програмування вважається серед студентів практично корисним. Необхідність синтезу в запропонованих роботах знань з фізики і мови програмування сприяє освіті студента в обох цих напрямках.

Безумовно, форма курсової чи дипломної роботи не є винятковою для запровадження комп'ютерного моделювання в фізиці. Для охоплення більшої кількості студентів можна рекомендувати створення навчальних курсів, присвячених фізичному моделюванню. Тому доцільно навести короткий опис деяких із тем, які були успішно апробовані на практиці і можуть бути запропоновані середньостатистичному студенту фізичних спеціальностей у якості доповнення до стандартних університетських курсів з електродинаміки та статистичної фізики:

„Електричне поле поблизу провідників". Наведення заряду на поверхні провідника, що розміщений у зовнішньому електричному полі, моделюється за допомогою закону Кулона. Для цього слід розміщувати невеличкі кількості додатного (від'ємного) заряду у точках на поверхні провідника з найменшим (найбільшим) потенціалом, переобчислюючи потенціал із урахуванням раніше розміщених зарядів. Наведений заряд знайдено, коли потенціал на всій поверхні вирівняється. У моделі легко намалювати еквіпотенційні поверхні. Можна порівняти результати роботи моделі з відомими розв'язками деяких задач електростатики, що вивчаються студентами в електродинаміці.

„Рух зарядженої частинки в магнітосфері Землі". У найпростішому наближенні можна вважати магнітне поле Землі дипольним. Рух частинки ви-

значається силою Лорентца. Підбираючи різні початкові умови, можна спостерігати відбиття частинки магнітним полем; захоплення частинки магнітним полем та її рух у радіаційному поясі; наближення частинки до магнітних полюсів, що пояснює явище полярного сяйва. Узагальненням моделі може бути вивчення поведінки зарядженої частинки в довільному магнітному полі, зокрема дослідження ефекту „магнітної пастки”. Можна порівняти результати роботи моделі з теорією адіабатичних інваріантів.

„Статистичні закони в газах”. Ідеальний газ моделюється набором кульок в посудині, що пружно стикаються із стінками та між собою за законами класичної механіки, а між зіткненнями рухаються прямолінійно і рівномірно. Двомірна модель із 50–100 кульками дозволяє дослідити у реальному часі наступні явища: встановлення розподілу Максвела за швидкостями незалежно від початкових умов, флуктуації розподілу Максвела за рахунок невеликої кількості кульок; середнє значення та флуктуації тиску, його відповідність законам молекулярно-кінетичної теорії; броунівський рух і його властивості, якщо одну із кульок зробити більш масивною; дифузію; середню довжину пробігу кульки.

„Спінові гратки”. Деякі особливості фазового переходу у феромагнетиках можна спостерігати в моделі Ізінга, до якої можна додати диполь-дипольну взаємодію між несусідніми спінами. Фундаментальним законом для побудови моделі є канонічний розподіл Гіббса за енергією. Еволюцію моделі можна реалізувати методом Монте-Карло (алгоритм термостата). Модель демонструє впорядковану та невпорядковану фазу при зміні температури, а також утворення доменів у впорядкованій фазі.

Підводячи підсумки, зазначимо, що використання комп’ютерного моделювання фізичних явищ є вдалим методичним доповненням стандартних курсів фізики у вищих навчальних закладах, яке стимулює засвоєння фізичних законів, формує асоціативний зв’язок між фізичною реальністю та математичним представленням законів природи, підвищує мотивацію та інтерес до навчання, покращує рівень освіченості студентів та сприяє об’єктивності оцінювання.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ У ВИЩИХ ПЕДАГОГІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

А.В. Рябко
м. Київ, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова
ryabko@meta.ua

Моделювання як метод дослідження природи здавна використовується для пізнання фізичних об'єктів. Розвиток наукових основ моделювання у фізиці пов'язаний з ім'ям І. Ньютона: він вперше сформулював дві теореми про подібність, поклавши тим самим початок моделюванню як методу теоретичного пізнання. Подальший крок в цьому напрямі зробив Д. Максвел, поставивши питання про математичне моделювання фізичних явищ. Модель ідеального газу і модель атомно-молекулярної будови речовини дали поштовх до розвитку молекулярно-кінетичної теорії речовини. У XX ст. теоретичне моделювання у зв'язку з вивченням фізики мікросвіту отримує подальший розвиток. Вже в 1900 р. М. Планк запропонував модель квантового осцилятора, А. Ейнштейн поглибив його ідею, поклавши початок розгляду світлових квантів як реальних частинок. Модель атома Бору стала своєрідною перехідною ланкою від класичної до квантової фізики. У квантовій механіці стало можливим покласти в основу розгляду ряду явищ не тільки структурну, але й енергетичну модель (зонна модель, зонна теорія провідності в напівпровідниках).

У багатьох випадках модель є засобом побудови теорії. Після розробки теорії старі динамічні моделі-уявлення (так звані ідеальні моделі) стають методичним засобом її пояснення, а математичні (знакові) моделі перетворюються на її розрахунковий апарат. Ідеальні моделі, що використовуються для пояснення теорії, беруться з науки фізики. Так, використовуються моделі: матеріальна точка, ідеальний газ, ідеальна рідина, абсолютно тверде тіло та ін. Знакове моделювання використовує в якості моделей знаки та символи: схеми, графіки, креслення, тексти на різних мовах, що включають формальні, математичні формули і теорії. Знакова модель створюється при розв'язуванні конкретних задач на основі існуючої теорії і вже відомої системи знаків (наприклад, при складанні учнями рівнянь для отримання відповіді на питання фізичної задачі). Обов'язковим учасником знакового моделювання є інтерпретатор знакової моделі, найчастіше людина, але інтерпретацію знакової моделі може здійснювати і комп'ютер.

Найважливішим видом знакового моделювання є математичне моделювання. Абстрагуючись від фізичної природи об'єктів, математика вивчає ідеальні об'єкти. Наприклад, за допомогою теорії диференціальних рівнянь можна вивчати електричні і механічні коливання у найбільш загальному вигляді, а потім отримані знання застосовувати для дослідження об'єктів

конкретної фізичної природи. Комп'ютерне моделювання є важливим видом математичного моделювання. Комп'ютерна модель – це програмна реалізація математичної моделі, доповнена різноманітними службовими програмами (наприклад, програмою, що формує і змінює графічні образи протягом часу). Це спеціальний вид моделі, що поєднує в собі абстрактні і фізичні риси та володіє унікальним переліком корисних властивостей. Головними з них є легкість створення і модифікації, практично необмежена функціональна складність моделі, висока точність отримуваних результатів. В наш час під моделюванням майже завжди розуміють комп'ютерне моделювання. Тому цілком закономірне широке застосування моделей і у викладанні фізики. Жодна з навчальних дисциплін, мабуть, не виділяється таким широким і різноманітним використанням моделей.

Застосування комп'ютерного моделювання в фізичній освіті дещо специфічно. Найчастіше воно застосовується для проведення лабораторних робіт, експериментальна установка в яких представлена комп'ютерною моделлю явища, наприклад, для демонстрації ефектів квантової фізики і фізики ядра. Нерідко проблеми, з якими зустрічається викладач під час проведення лабораторного практикуму, можуть бути вирішені заміною його комп'ютерним практикумом, хоча це, безумовно, має свої мінуси. Прикладні програмні продукти, що використовуються у навчальному процесі, повинні бути максимально доступними для користувачів, мати простий у користуванні україномовний інтерфейс, мати текстові і графічні зображення, враховувати потреби рівневої диференціації, відповідати всім дидактичним вимогам до програмного забезпечення певного типу [4].

Але комп'ютерна модель має бути не лише формальною заміною реальних фізичних об'єктів і процесів, а й повинна передбачити отримання нових результатів, властивостей об'єкта. Інша галузь, де може здійснюватися ефективне моделювання фізичного завдання на комп'ютері – це завдання, близькі до реальних умов, які не можуть бути вирішені з достатньою точністю аналітично. По суті, це завдання на розв'язання чисельними методами. Практично жодна реальна фізична задача навіть на динаміку руху з тертям не може бути розв'язана аналітично (окрім вкрай повільних рухів, коли сила в'язкого тертя пропорційна першій степені швидкості). За допомогою ЕОМ розв'язуються задачі, у в процесі розв'язку яких виникають трансцендентні рівняння; задачі, де необхідно знайти визначений інтеграл, розрахунок якого можливий лише чисельними методами; задачі з оптимізації процесів; задачі, що приводять до диференціальних рівнянь, де застосування чисельних методів значно швидше приводить до відповіді навіть у тому випадку, якщо рівняння розв'язуються аналітично. Як показує наш досвід, активна участь студентів у чисельному моделюванні сприяє більш глибокому розумінню фізичних концепцій.

Галузевим стандартом вищої освіти, що визначає нормативний зміст навчання, встановлює вимоги до змісту, обсягу та рівня освітньої та профе-

сійної підготовки фахівців спеціальності 6.010100 “Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика” освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” передбачені типові завдання діяльності та уміння, які повинен мати випускник вищого навчального закладу. Зокрема, фахівець даної спеціальності повинен вміти досліджувати математичну модель фізичної системи, явища або процесу у фізичній системі за певних умов засобами комп’ютерної техніки з метою вивчення властивостей фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі.

Випускник повинен вміти:

– створювати математичну модель фізичної системи, явища або процесу в фізичній системі;

– обирати метод чисельного розв’язання математичних задач, які являють собою математичну модель;

– обирати та використовувати готові програмні засоби (математичні пакети програм) для аналітичного, графічного, чисельного розв’язання математичних задач, які є математичними моделями фізичних систем, явищ і процесів у фізичній системі;

– чисельно розв’язувати алгебраїчні і трансцендентні рівняння та системи лінійних алгебраїчних рівнянь;

– чисельно диференціювати та інтегрувати;

– використовувати комп’ютерні і технічні засоби для навчання учнів розв’язуванню задач з фізики.

Майбутній вчитель фізики повинен володіти уявленнями про скінченно-різницеві методи розв’язання диференціальних рівнянь, метод молекулярної динаміки, метод Монте-Карло [2].

Для формування вказаних вмінь необхідне застосування у навчальному процесі як традиційного програмування із застосуванням традиційних мов програмування, так і сучасних об’єктно-орієнтованих середовищ проектування комп’ютерних моделей. Ще декілька років назад, на історично початковому етапі комп’ютерного моделювання, єдиною можливістю моделювання фізичних процесів було використання програм-компіляторів мов високого рівня (Pascal, Fortran) [3]. Витрати праці на створення простої, за сучасним розумінням, моделі, становили 5-6 людино-місяців [1]. Відмінністю сучасних програмних засобів (Model Vision Stadium, підсистема Simulink пакету Matlab, AnyLogic) є використання засобів візуалізації, що дозволяють студенту відносно швидко синтезувати тривимірне динамічне зображення вихідної фізичної системи. Для оцінки відповідності моделі вихідній фізичній системі іноді просто корисно спостерігати за поведінкою моделі у вікні 3D-анімації. Технологія об’єктно-орієнтованого програмування (ООП) та об’єктно-орієнтованого моделювання (ООМ) звільняє користувача від кропіткої праці по запису кодів програм. Застосування сучасних інструментів візуального моделювання означає також, що користувач використовує чисельні методи, встановлені авторами програми. Але студент повинен зро-

зуміти основні ідеї чисельних методів, знати можливості цього ефективного та потужного засобу та вміти використовувати його. Це можливо тільки при вивченні методів програмування та проведенні чисельних експериментів. Отже, для забезпечення вимог державного стандарту освіти недоречно обмежуватися вивченням тільки візуальних середовищ моделювання.

Введення елективних курсів з комп'ютерного моделювання фізичних процесів до навчальних планів підготовки вчителів фізики доповнює зміст профільної підготовки, задовольняє пізнавальні інтереси студентів, сприяє більш глибокому розумінню ними фізичних явищ і процесів. Але застосовувати комп'ютерні моделі можна вже на перших заняттях з загальної фізики як демонстрації на лекціях, ілюстрації до розв'язування задач на практичних заняттях, роботах лабораторного практикуму. Студенти поступово переконуються у цінності комп'ютера для моделювання фізичних процесів і в тому, що комп'ютерна модель є ефективним педагогічним інструментом вчителя. Вибір об'єктів для моделювання робиться на основі аналізу програми з фізики для загальноосвітніх навчальних закладів. Увага звертається на складні, традиційно "важкі" для сприйняття школярів теми, а також на експерименти, що потребують складного лабораторного обладнання. Студент накопичує розробки, які в майбутньому зможе використати у своїй професійній діяльності вчителя фізики, змінюючи та удосконалюючи їх у разі потреби та адаптуючи до конкретних умов навчання.

Література:

1. Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Практическое моделирование динамических систем – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 464 с.
2. Галузевий стандарт вищої освіти. Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра за спеціальністю 6.010100 Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика. Видавництво НПУ ім. М.П. Драгоманова. – 2005.
3. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. В 2 частях. Часть 1. Часть 2. Перевод с англ. – М.: Мир, 1990. – 349 с., 400 с.
4. Сергієнко В.П., Шут М.І. Теоретико-методичні особливості використання сучасних комп'ютерно орієнтованих засобів навчання загальної фізики // Інформаційні технології і засоби навчання.– Грудень 2006. – №1. – [WWW document]. URL http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/ITZN/em1/emg.html (11 вересня 2007 р.)

ВИБІР СЕРЕДОВИЩА МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Ю.В. Єчкало
м. Кривий Ріг, Криворізький металургійний факультет
Національної металургійної академії України
uliaechk@mail.ru

Аналіз сучасної науково-методичної літератури свідчить про широке використання інформаційних технологій у викладанні фізики. Інформаційні технології, що найчастіше застосовуються в навчальному процесі, можна розділити на дві групи: 1) технології, орієнтовані на локальні комп'ютери (навчальні програми; комп'ютерні моделі фізичних процесів; демонстраційні програми; комп'ютерні лабораторії; лабораторні роботи; пакети задач; контролюючі програми; комп'ютерні дидактичні матеріали) [1]; 2) мережні технології, які використовують локальні мережі та глобальну мережу Internet (електронний варіант методичних рекомендацій, посібників, описів лабораторних робіт; аудіо та відео матеріали про постановку і проведення різноманітних фізичних експериментів, лекцій тощо; сервери дистанційного навчання, що забезпечують інтерактивний зв'язок з учнями через Internet, у тому числі й у режимі реального часу) [2].

Однак необхідно відзначити, що на сучасному етапі процесу інформатизації шкільного курсу фізики виявлений цілий ряд проблем, найбільш актуальними з яких, на наш погляд, є такі: 1) відсутність методичного супроводу, дидактичної обґрунтованості електронного продукту (в електронних підручниках практично не реалізована інтегруюча функція того чи іншого навчального предмету); 2) відсутність належної міждисциплінарної взаємодії.

У зв'язку із цим вважаємо за необхідне винести на обговорення наш підхід до даної проблеми. Очевидно, що найбільш послідовно і повно міжпредметні зв'язки фізики, математики та інформатики можуть бути реалізовані у курсі «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів», у якому формується уміння створювати модель фізичного явища або процесу, вибирати адекватне математичне описання, обчислювальний алгоритм, реалізовувати останній на комп'ютері, проводити розрахунки й аналіз отриманих результатів. Проте у часових рамках, відведених для курсу фізики в середній школі, неможливо досить глибоко розглянути навіть малу частину тих фізичних задач, для розв'язування яких використовується комп'ютер. Тому ми пропонуємо вивчення комп'ютерного моделювання з фізики здійснювати у формі факультативних занять [3].

Головна мета навчання фізики в середній школі полягає в розвитку особистості учнів засобами фізики як навчального предмета, зокрема завдяки знайомству з методами наукового пізнання світу, формуванню наукового світогляду [4]. Основними перешкодами, які зазвичай виникають на шляху

впровадження елементів комп'ютерного моделювання в школі, є відсутність достатньої математичної підготовки і практики програмування у школярів. Проте не всі моделі, які можуть бути розглянуті у шкільному курсі фізики, вимагають математичного апарата, що виходить за рамки середньої школи, а недостатність математичної підготовки (насамперед, відсутність уміння чисельно розв'язувати диференціальні рівняння) можна компенсувати коротким знайомством (можливо, з деякою втратою математичної строгості і доказовості) з найбільш простими методами розв'язування диференціальних рівнянь [5]. Проблему ж програмування допомагає вирішити використання придатних для старшокласників середовищ моделювання [6; 7].

Вимоги до робочого середовища для нескладних спеціально підібраних задач у повній мірі задовольняються педагогічними програмними засобами GRAN1, GRAN-2D та GRAN-3D, основне призначення яких – аналіз функціональних залежностей та статистичних закономірностей. Більш складні задачі можна розв'язувати, використовуючи спеціалізовані математичні пакети, що включають відповідні процедури та функції. Тут ми віддаємо перевагу спеціалізованому математичному пакету MathCAD, що, на нашу думку, найбільшою мірою підходить для навчальних цілей, оскільки має потужні графічні засоби і дружній інтерфейс користувача.

Як приклад, що підтверджує нашу точку зору, розглянемо методику використання ППЗ GRAN та пакету MathCAD при розрахунку та візуалізації електричних полів, створених системою довільно розташованих нерухомих зарядів (всі необхідні відомості для створення цієї моделі викладаються в курсі фізики десятого класу загальноосвітньої школи).

Як відомо, електростатичне поле системи, яка складається з N нерухомих електричних зарядів, характеризується скалярною функцією – потенціалом $\varphi(\vec{R})$ та векторною функцією – напруженістю $\vec{E}(\vec{R})$. В аналітичному вигляді розв'язання задачі виявляється доволі простим: скалярний потенціал електричної системи, яка складається з N електричних зарядів q_1, q_2,…, q_N, й напруженість електричного поля задовольняють принципу суперпозиції

$$\varphi\left(\vec{R}\right)=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i-1}^{N}\frac{q_i}{\left|\vec{R}-\vec{r}_i\right|}, \tag{1}$$

$$\vec{E}\left(\vec{R}\right)=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i-1}^{N}\frac{q_i}{\left|\vec{R}-\vec{r}_i\right|^3}\left(\vec{R}-\vec{r}_i\right), \tag{2}$$

де $\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot10^{-12}$ Ф/м, $\vec{r}_i\left(r_{i,0};r_{i,1}\right)$ – радіус-вектор i-го заряду, $\vec{R}\,(x, y)$ – радіус-вектор точки спостереження.

Переходячи в (1), (2) до координатного запису, отримуємо відомі залежності потенціалу $\varphi(\vec{R})$ та складових вектора напруженості $\vec{E}(\vec{R})$ від координат радіус-вектора точки спостереження, які будуть використовуватись

надалі:

$$\varphi(x,y)=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i-1}^{N}\frac{q_i}{\sqrt{(x-r_{i,0})^2+(y-r_{i,1})^2}}, \tag{3}$$

$$E_x(x,y)=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i-1}^{N}\frac{q_i}{\left((x-r_{i,0})^2+(y-r_{i,1})^2\right)^{3/2}}(x-r_{i,0}), \tag{4}$$

$$E_y(x,y)=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i-1}^{N}\frac{q_i}{\left((x-r_{i,0})^2+(y-r_{i,1})^2\right)^{3/2}}(y-r_{i,1}). \tag{5}$$

Зазначимо, що розрахунок та візуалізація потенціалу та напруженості електростатичного поля системи з малою кількістю дискретних зарядів (N = 2, 3, 4) аналітично є досить простим, і тому для цієї мети можна використовувати програмний засіб GRAN. Проте розв'язування аналогічної задачі для системи з більшою кількістю зарядів потребує застосування пакету MathCAD.

На наступних рисунках представлені проекції еквіпотенціальних поверхонь та графічні побудови силових ліній поля електричних зарядів, отримані за допомогою ППЗ GRAN (поле двох зарядів, рис. 1 і 2) та математичного пакету MathCAD (поле восьми зарядів, рис. 3 і 4).

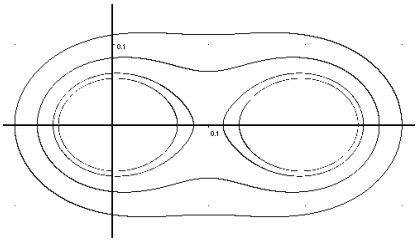


Рис. 1

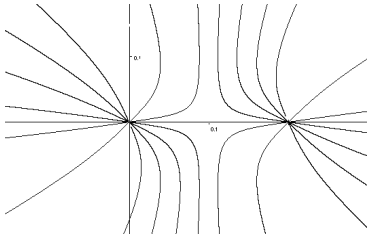


Рис. 2

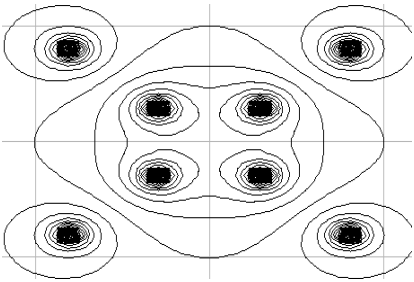


Рис. 3

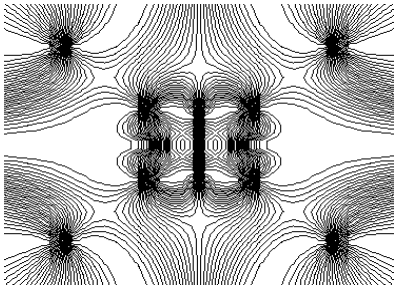


Рис.4

Важливо відмітити, що графічні побудови будуть автоматично змінюватись при зміні параметрів конфігурації зарядів (числа, величини, коорди-

нат та знаків зарядів). Це дає можливість досліджувати за допомогою комп'ютера особливості електростатичних полів різних систем зарядів, що, у свою чергу, дозволяє сформувати у свідомості учнів більш глибоке розуміння моделі досліджуваного фізичного явища [8].

Нами проводиться робота по створенню та апробації факультативного курсу «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів». Ми вважаємо, що пропонований підхід достатньо повно відповідає сучасній парадигмі освіти, яка вимагає більшої фундаменталізації, тобто зміщення акцентів на теоретичні методи наукового пізнання – ідеалізацію, абстрагування, аналогію, узагальнення тощо, головною ланкою яких є побудова моделей. При цьому його реалізація вимагає більш тісної інтеграції курсів фізики, математики й інформатики.

Література:

1. Фінченко Я.В., Стеценко К.Ю. Використання комп'ютерних програм на уроках фізики // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2006. – № 1. – С. 41-43.
2. Буйницька О. Використання інформаційно-комунікативних технологій у шкільному курсі фізики // Фізика та астрономія в школі. – 2005. – № 4. – С. 24-29.
3. Єчкало Ю.В. Комп'ютерне моделювання у профільному навчанні фізики // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 46. Серія: Педагогічні науки: Збірник у 2-х т. – Чернігів: ЧДПУ, 2007. – № 46. – Т. 1. – С. 58-60.
4. Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе: Теор. основы: Учеб. пособие для студ. пед. ин-тов по физ-мат. спец. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.
5. Бурсиан Э. В. Задачи по физике для компьютера: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1991. – 256 с.
6. Теплицький І.О. Елементи комп'ютерного моделювання: Навчальний посібник. – Кривий Ріг: КДПУ, 2005. – 208 с.
7. Бирих Р.В., Еремин Е.А., Чернатынский В.И. Компьютерные модели в школьном курсе физики // Информатика. – 2006. – № 14. – С. 3-45.
8. Єчкало Ю.В. Комп'ютерне моделювання як засіб формування уявлень про електростатичне поле // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 30. Серія: Педагогічні науки; Збірник. – Чернігів, ЧДПУ, 2005. – № 30. – С. 90-93.

ИНТЕРАКТИВНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКИ

Е.Е. Гетманова
Россия, г. Белгород, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
elge@mail.ru

Компьютерные технологии, в частности Flash, позволяют сделать изучении физики более занимательным, показать учащимся возможность применения физических законов не только для объяснения явлений окружающего мира, но и для создания компьютерных игр, реалистичного моделирования механического движения. Это создает особую привлекательность физики, стимулирует у учеников желание осваивать эту непростую науку. Применение компьютерных технологий открывает новые возможности, новые методики изучения физики, которые связаны с возможностью графического представления физических явлений, исследования их в широком диапазоне изменения параметров величин, что невозможно при традиционном экспериментальном изучении. Все это должно способствовать более быстрому пониманию физики, глубокому ее усвоению.

По сути, использование информационных технологий придает новый мощный импульс в изучении всех наук, и в особенности, физики.

В работах [1–3] представлены разделы пособия, в которых моделируется поступательное и относительное движение, а также движение тела, брошенного под углом к горизонту.

Данная работа описывает заключительную часть интерактивного учебника по изучению кинематики и посвящена изучению вращательного движения.

На рис. 1 показан интерфейс Flash-фильма, имитирующего движение тела по окружности. Пользователь вводит радиус окружности и линейную скорость тела, затем нажимает кнопку. На экране появляются две окружности (вид сверху и перспектива), по которым двигаются тела в соответствии с указанной линейной скоростью. Вектора показывают направление линейной и угловой скоростей, центростремительного ускорения, а также пройденный линейный и угловой путь. При нажатии следующей кнопки появляются численные значения периода движения, угловой скорости и центростремительного ускорения. Далее учащийся может ввести величину времени и определить пройденный за это время угловой и линейный пути. В случае, если значение введенного времени превышает период движения тела, появляется сообщение об ошибке.

Следующий фильм (рис. 2) моделирует движение по окружности с ускорением. В этом случае вводится радиус окружности, линейная скорость и тангенциальное ускорение. После нажатия соответствующих кнопок на экране появляются численные значения периода, угловой скорости, углового

и центростремительного ускорения. Далее вводится произвольное значение времени и определяется пройденный угловой и линейный путь, а также угловая и линейная скорости в указанный момент времени.

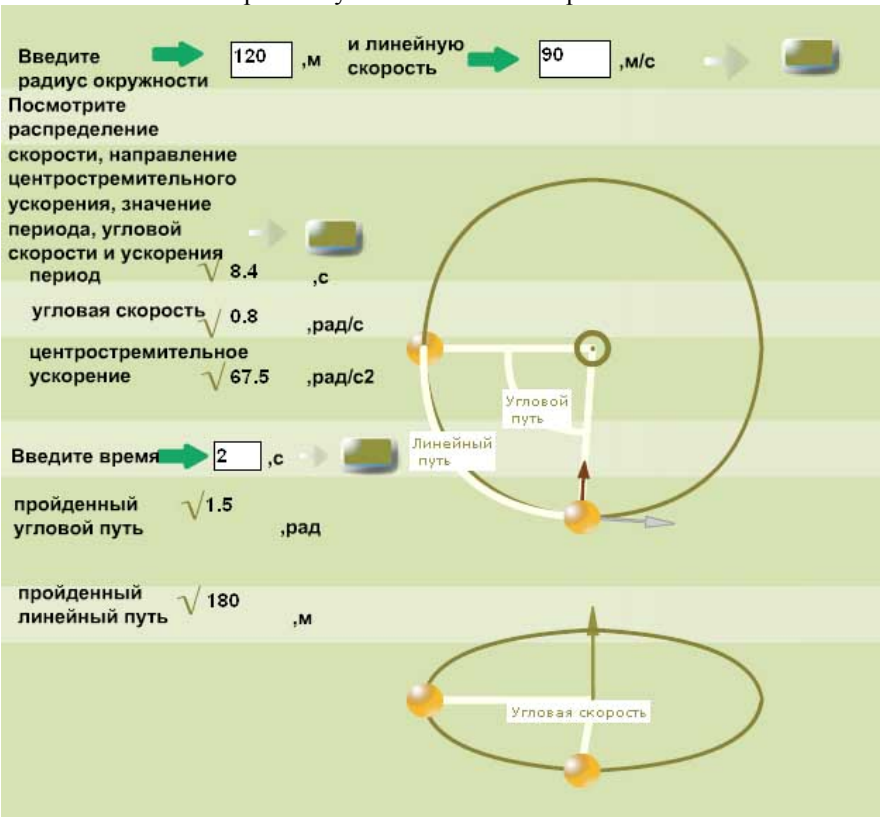


Рис. 1

В заключение демонстрируется фильм, который показывает движение объекта (автомобиля) по криволинейной траектории (рис. 3). Траектория состоит из двух полуокружностей и прямолинейного участка траектории. Демонстрация фильма сопровождается вопросами к студентам о направлении скорости и ускорения при равномерном и равноускоренном движения тела по криволинейной траектории.

Данный интерактивный учебник использовался при работе со студентами Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Следует отметить заинтересованность студентов, более быстрое, по сравнению с обычным методом обучения, усвоение материала, желание использовать данный учебник для самостоятельной работы.

Представленное пособие может использоваться на уроках в школах,

при самостоятельной работе студентов и школьников, а также в дистанционном образовании.

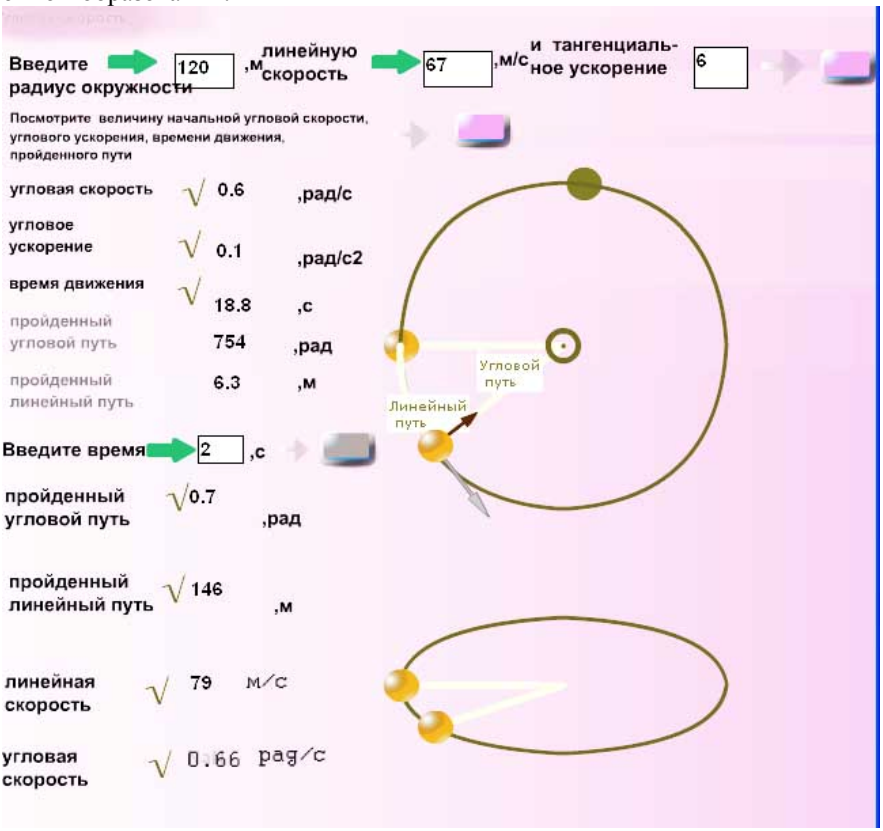


Рис. 2

Литература:

1. Гетманова Е.Е. Использование физических законов для моделирования реалистичного движения // Образование и виртуальность. – Вып. 10. – Харьков, 2006.

2. Гетманова Е.Е. Интерактивный компьютерный учебник для изучения кинематики // Материалы международной научно-практической конференции „Научные исследование и их практическое применение”. – Т. 1: Транспорт, физики и математика. – Одесса, 2007.

3. Гетманова Е.Е. Интерактивный учебник для изучения кинематики // Проблеми підготовки та перепідготовки фахівців у сфері інформаційних технологій: Матеріали V Мжнародної науково-технічної конференції. – Київ-Севастополь, 2007.

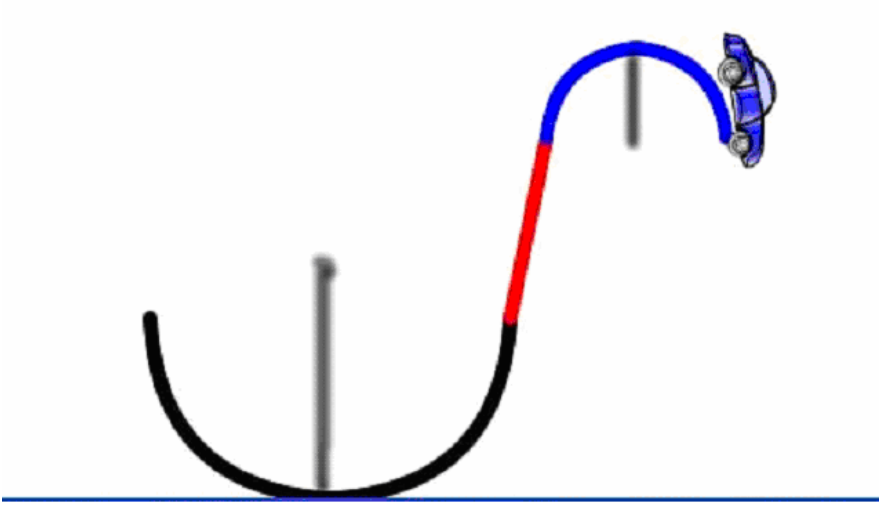


Рис. 3

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОСЛІДУ РЕЗЕРФОРДА

А.В. Безуглий, О.М. Петченко
м. Харків, Харківська національна академія міського господарства
triumf_1@bars.net.ua

Розвиток дистанційного навчання, підвищення ролі і відповідно збільшення часу, який відводиться на самостійну роботу студентів стаціонару, вимагає більш широкого застосування комп'ютерних технологій при викладанні фундаментальних дисциплін, зокрема фізики.

Комп'ютерна графіка робить фізичні процеси більш наглядними, а чисельні методи дозволяють змінювати фізичні параметри в широких межах і таким чином всебічно дослідити явище. За допомогою комп'ютера можна також моделювати такі явища, проводити такі експерименти, які практично неможливо здійснити в навчальній фізичній лабораторії внаслідок їх складності та високої вартості.

В фізиці існує ряд експериментів, які є визначальними для того чи іншого розділу та для розвитку фізики взагалі. Одним з таких експериментів, який має велике значення для розвитку основних уявлень про будову атома, є дослід Резерфорда.

В даній роботі пропонується лабораторна робота в якій студент проводить віртуальний експеримент з розсіювання α-частинок на атомному ядрі. Методичні вказівки до роботи традиційно складаються з таких пунктів:

1. Мета роботи.
2. Вказівки з організації самостійної роботи.
3. Опис комп'ютерної програми.
4. Інструкція користувача.
5. Зміст звіту та вказівки до обробки і аналізу результатів.
6. Тести для самоперевірки.

Метою віртуальної лабораторної роботи "Дослід Резерфорда з розсіювання α- частинок" є: вивчити будову атома, впевнитись у справедливості теорії, яка базується на кулонівській взаємодії між α-частинкою та ядром атома.

Розподіл позитивних та негативних зарядів в атомі можна з'ясувати шляхом безпосереднього "зондування" внутрішніх областей атома. Такий експеримент здійснив Резерфорд за допомогою α-частинок, спостерігаючи за напрямком їхнього руху при проходженні крізь тонкий шар речовини.

Як відомо, в досліді Резерфорда вузький пучок α-частинок, які випромінювались радіоактивною речовиною P (рис. 1), падав на тонку металічну фольгу $\varnothing$. Розсіяні α-частинки спричиняли сцинтиляції, які спостерігались у мікроскопі M. Екран та мікроскоп можна було встановлювати під будь-яким кутом ϑ. Весь пристрій знаходився у вакуумі.

Шар речовини фольги був настільки тонкий, що кожна α-частинка при

проходженні крізь нього пролітала поблизу тільки одного ядра і зазнавала лише одного розсіювання.

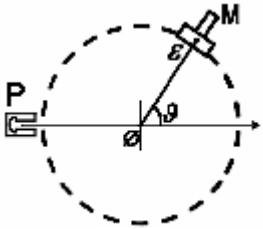


Рис. 1

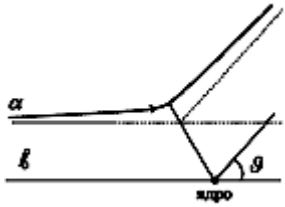


Рис. 2

В результаті дослідів виявилось, що на великі кути (близькі до 180^0) розсіювалася дуже мала кількість частинок. Аналізуючи результати, Резерфорд дійшов висновку, що сильне розсіювання частинок можливе тільки в тому разі, якщо всередині атома існує надзвичайно сильне електричне поле, яке створюється зарядом, зв'язаним з великою масою та сконцентроване в малому об'ємі.

Виходячи з таких положень, Резерфорд розробив кількісну теорію розсіювання α-частинок, згідно з якою відхилення α-частинок обумовлені дією на них з боку атомного ядра. Помітного відхилення внаслідок взаємодії з електронами бути не може, оскільки маса електрона на чотири порядки менша маси α-частинки. Коли частинка пролітає поблизу ядра, на неї діє кулонівська сила відштовхування

$$F = \frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (1)$$

де ε_0 – електрична стала, e – заряд електрона, Z – порядковий номер елемента в таблиці Менделєєва, r – відстань між α-частинкою та ядром.

Сила (1) залежить від відстані як β/r^2 (якщо позначити $\frac{Ze^2}{2\pi\varepsilon_0}=\beta$) і являє собою центральну силу.

Якщо $F(r)=\beta/r^2$, де $\beta>1$, то це відштовхуюча сила. У випадку відштовхування траєкторією частинки є гіпербола, а кут ϑ являє собою кут між асимптотами гіперболи. За формулою, яку отримав Резерфорд [1], можна обчислити відносне число частинок dN_ϑ/N від загального числа α-частинок N, які розсіюються на ядрі в межах кута від ϑ до $\vartheta+d\vartheta$ (рис. 1):

$$\frac{dN_\vartheta}{N} = na\left(\frac{2Ze^2}{m_\alpha V^2}\right)\frac{2\pi\sin\vartheta d\vartheta}{4\sin^4\frac{\vartheta}{2}}, \qquad (2)$$

де n – число атомів в одиниці об'єму, a – товщина фольги, величина

$\frac{2Ze^2}{m_\alpha V^2} = \frac{\operatorname{ctg}\frac{\vartheta}{2}}{b}$ і пов'язана з такою важливою в експерименті величиною, як b, яка називається прицільним параметром. Чим ближче від ядра пролітає частинка, тим сильніше вона повинна відхилятися.

Формула (2) відома як формула Резерфорда для розсіювання α-частинок. Для певної товщини фольги даної речовини формулу можна записати у вигляді

$$\frac{\Delta N_\vartheta}{N} = C\frac{\sin\vartheta d\vartheta}{\sin^4\frac{\vartheta}{2}}, \qquad (3)$$

де $C = na\left(\frac{2Ze^2}{m_\alpha V^2}\right)\frac{\pi}{2}$, ΔN_ϑ – число частинок, які розсіюються в межах кутів від ϑ до $\vartheta+d\vartheta$.

Програма розрахунку траєкторії α-частинки базується на модифікованому алгоритмі Ейлера [2], перевага якого над звичайним алгоритмом Ейлера полягає в тому, що розрахунки координат та швидкості за цим алгоритмом мають похибку порядку Δt^2, тоді як звичайний алгоритм дає похибку порядку Δt. Відповідні параметри дорівнюють: m_α=6,65·10^{-27} кг, q_α=2e, де e=1,60·10^{-19} Кл. Вважаємо, що ядро (q=Ze) нерухоме. Внаслідок того, що характерна відстань взаємодії є порядку 10^{-15} м, для уникнення занадто великих числових значень сили швидкості будемо вимірювати в одиницях швидкості світла c=3·10^8 м/с, а відстані – в фермі (1 ф=10^{-15} м).

Програма дозволяє розраховувати і спостерігати на екрані траєкторію α-частинки в полі нерухомого ядра з величиною заряду q=Ze. Величина кута ϑ, під яким розсіюється α-частинка, залежить від її швидкості та прицільного параметра b. При натисканні на старт α-частинки починають одна за одною вилітати із джерела P, розташованого в лівій частині кола. Для того, щоб обмежитися спостереженням однієї частинки, треба після натискування на кнопку "Старт" натиснути відразу кнопку "Стоп", при цьому в вікні "Кількість часток" з'являється цифра 1. Можна спостерігати взагалі будь-яке число частинок, вони будуть вилітати, доки не буде натиснута кнопка "Стоп". На панель виведені вікна для введення заряду ядра Z (в одиницях заряду електрона) та початкової швидкості частинки (причому швидкість всіх частинок однакова). Прицільний параметр b_i для кожної наступної частинки змінюється у випадковий спосіб в межах від b до $-b$.

Програма також дає можливість побудувати діаграму розподілу числа частинок ΔN_ϑ, кут відхилення яких попадає в проміжок кутів від ϑ до $\vartheta+d\vartheta$.

Отримуючи розподіл $\Delta N_\vartheta(\vartheta)$ для різного числа частинок N, можна впевнитись, що розподіл, отриманий в комп'ютерному експерименті, буде тим ближчий до теоретичного (отриманого за формулою (3)), чим більше число

частинок буде приймати участь в експерименті.

Програма дозволяє також регулювати швидкість огляду руху частинки. Щоб прискорити побудову діаграми при великому числі частинок, можна взагалі не рисувати траєкторії руху.

Інтерфейс програми з накресленими траєкторіями руху α-частинок зображено на рис. 3.

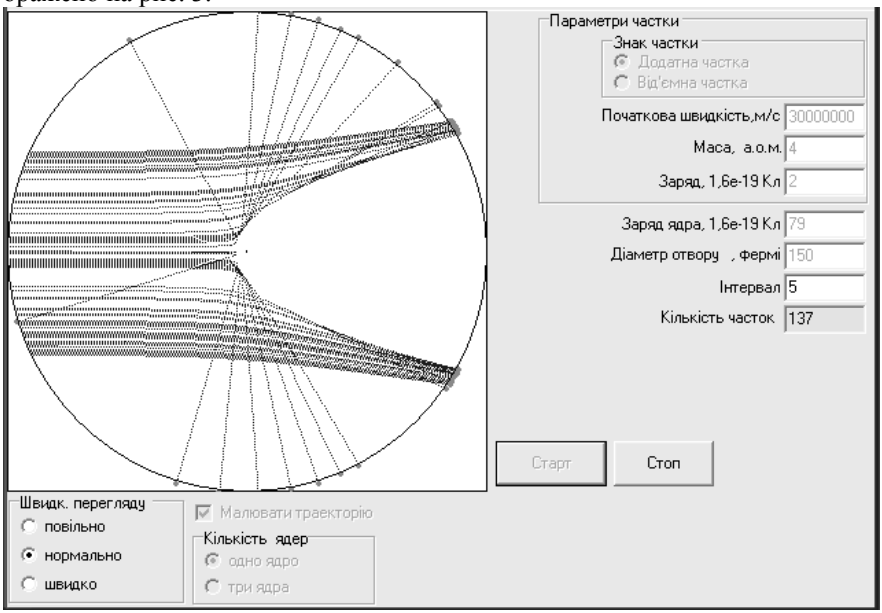


Рис. 3

Рис. 4 демонструє еволюцію діаграми при збільшенні кількості частинок.

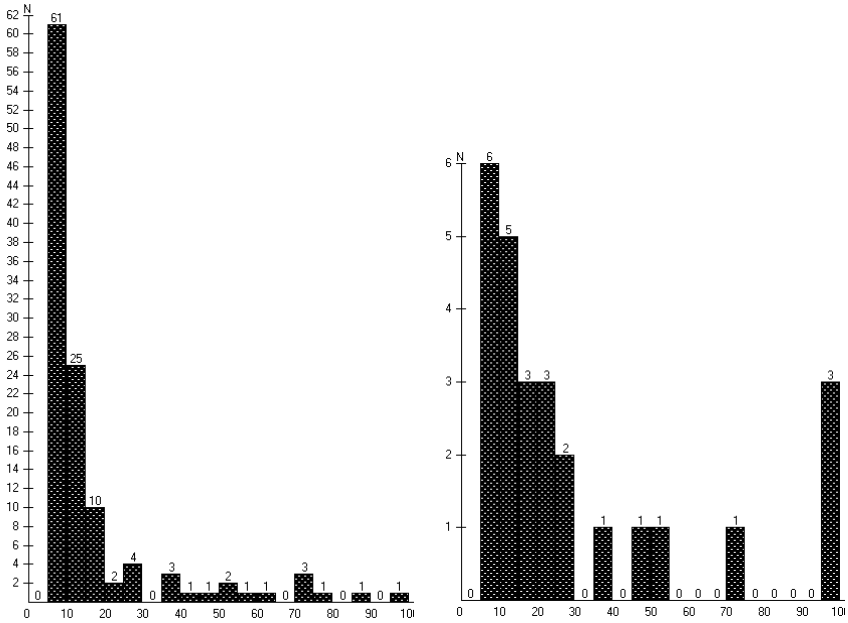
В інструкції користувачу рекомендується виконати наступні операції:

1. Вибрати значення прицільного параметру b_{max} згідно з таблицею і постерігати траєкторію руху α-частинок в залежності від значення b. Пояснити, як залежить кут розсіювання ϑ від величини прицільного параметру.

2. Створити умови для спостереження однієї – декількох α-частинок при параметрі b_{max}. Яку форму має траєкторія α-частинки?

3. Задати “розмір отвору” (тобто діаметр пучка α-частинок) та початкову швидкість згідно з таблицею 1. Натиснути на “Старт” і спостерігати розсіювання N=50 частинок. Зарисувати діаграму розсіювання частинок. Виконати розрахунок за формулою (3). Порівняти чи збігаються результати теоретичного розрахунку з результатами експерименту представленими на діаграмі?

4. Повторити дослід п.3. для N=500, N=5000 частинок.



а) б)

Рис. 4. Діаграми розподілу α-частинок за кутами розсіяння ϑ: а) при n=100; б) при n=50.

Таблиця 1

$N_в$	b_{max} ф	Z	$V{\cdot}10^7$ м	$N_в$	b_{max} ф	Z	$V{\cdot}10^7$ м
1	300	79	3	7	300	79	3,5
2	300	79	3	8	300	79	3,5
3	300	79	3	9	300	79	3,5
4	200	79	3,5	10	200	79	3
5	200	79	3,5	11	200	79	3
6	200	79	3,5	12	200	79	3

Результати виконання роботи повинні бути представлені у вигляді таблиці 2.

Таблиця складена для випадку, коли при $\Delta\vartheta=10^0$ підраховано відношення для цього випадку величини $\dfrac{\sin\vartheta}{\sin^4\dfrac{\vartheta}{2}}$ змінної в формулі Резерфорда (3). В величині теоретичній $\Delta N_\vartheta/N_T$, N_T повинно підраховуватися як сума

всіх значень $\dfrac{\sin\vartheta}{\sin^4\dfrac{\vartheta}{2}}$, наведених у відповідній колонці таблиці 2, тобто N_T=3227. В цьому випадку не має значення, яку величину буде мати константа C у формулі (3).

Таблиця 2

ϑ	ЕКСПЕРИМЕНТ						Теорія	
	n = 50		n = 500		n = 5000			
	ΔN_ϑ	$\Delta N_\vartheta/N$	ΔN_ϑ	$\Delta N_\vartheta/N$	ΔN_ϑ	$\Delta N_\vartheta/N$	$\dfrac{\sin\vartheta}{\sin^4\dfrac{\vartheta}{2}}$	$\Delta N_\vartheta/N_T$
10							2591	0.8029
20							410	0.1270
30							109	0.0338
40							49	0.0152
50							25	0.0077
60							14	0.0043
70							9,4	0.0029
80							5,8	0.0018
90							4	0.0012
100							2,8	0.0009

Експериментальне значення $\Delta N_\vartheta/N_T$ підраховується для відповідного значення ϑ як висота стовпчика на діаграмі ΔN_ϑ на повне число частинок, які приймають участь в експерименті.

На основі аналізу результатів таблиці 2 та пунктів завдання 1–4 зробити висновки.

Література:

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 3. – М.: Наука, 1977.

2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 1. – М.: Мир, 1966.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА

В.И. Засельский, С.В. Швед, Т.А. Засельская
г. Кривой Рог, Криворожский металлургический факультет
Национальной металлургической академии Украины
sshved@yandex.ru

На кафедре фундаментальных дисциплин Криворожского металлургического факультета НМетАУ разработана и апробирована лабораторная работа по дисциплине «Теоретическая механика» по исследованию кинематики плоских механизмов, позволяющая овладеть методами численного решения задач. Студенты могут использовать полученные знания и навыки при изучении других технических дисциплин, например, сопромата, теории машин и механизмов.

Численные методы расчета имеют свою специфику и отличаются от других тем, что не требуется изображать векторную картину распределения кинематических параметров точек и звеньев механизма, так как в результате расчета все определяемые векторные величины представляются в виде алгебраических проекций. Такой подход значительно сокращает время решения задач, уменьшает вероятность появления ошибок и позволяет перейти к графической интерпретации образовавшегося поля векторов.

Внимание студента акцентируется на том, что численные методы используются тогда, когда полученное решение реально существует в единственном варианте, а если нет, то его удается выбрать.

Рассмотрим адаптированный пример выполнения лабораторной работы, направленной на изучение движения плоского механизма с необходимыми пояснениями.

Требуется:

1. Произвести расчет координат и углов установки звеньев представленного на рис. 1 плоского механизма с одной степенью свободы в одном положении его ведущего звена.
2. Произвести расчет скоростей точек этого механизма и угловых скоростей звеньев при равномерном вращении его ведущего звена в указанном положении.
3. Произвести расчет ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев в заданном положении ведущего звена и заданном равномерном его вращения.
4. Произвести анимацию движения механизма в реальном времени и выявить случаи его заклинивания, если они есть. Для предотвращения заклинивания произвести необходимую и достаточную коррекцию длин рычагов.

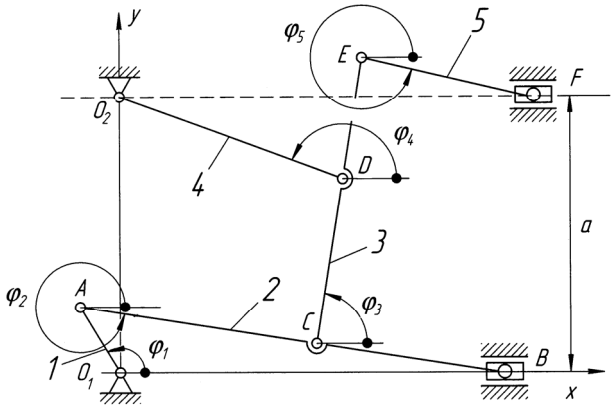


Рис. 1. Схема механизма:
1 – ведущее звено механизма;
2, 3, 4, 5 – ведомые звенья механизма

Задано: ведущее звено равномерно вращается с угловой скоростью ω_1=2 с$^{-1}$. Положение механизма определяется следующими геометрическими параметрами: φ_1=115°; a=0,46 м; O_1A=0,15 м; O_2D=0,45 м; AB=0,78 м; BC=0,39 м; CD=0,26 м; CE=0,52 м; EF=0,38 м.

Обозначим звенья номерами, соответствующими порядку присоединения в механизме. Введем неподвижную систему координат xO_1y, общую для всех звеньев механизма. Заметим, что координаты некоторых точек известны – таковы условия связи в механизме. Например, точка O_2 закреплена в известном месте; точки B и F не могут изменить положение вдоль оси O_1y, т.е. вертикальная координата для этих точек фиксирована и задана по условию.

Выполнение задания

1. Определение углов установки звеньев и координат характерных точек плоских механизмов

Для расчета используем известную из дисциплины «Теоретическая механика», раздел «Кинематика» формулу [1]:

$$\begin{cases} x_2 = x_1 + r_2 \cdot \cos\varphi_2 \\ y_2 = y_1 + r_2 \cdot \sin\varphi_2 \end{cases}, \qquad (1)$$

где индексом 2 снабжены координаты конечной точки некоторого звена $A_1 A_2$ плоского механизма (рис. 2), а индексом 1 – координаты его начальной точки.

Определим неизвестные параметры поставленной перед нами задачи: десять координат точек A, C, B, D, E, F и четыре угла установки звеньев (всего 14 неизвестных).

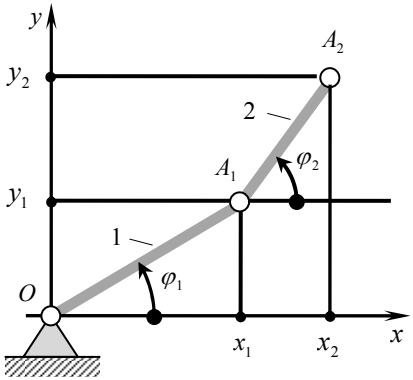


Рис. 2. Схема для определения координаты концевой точки звена плоского механизма

Образуем систему из 14 уравнений, составленных по выражению (1) для каждой из семи точек механизма. Так, например, для точки *B* будет:

$$\begin{cases} x_B = x_A + r_2 \cdot \cos\varphi_2 \\ y_B = y_A + r_2 \cdot \sin\varphi_2 \end{cases}. \qquad (2)$$

Решение проводим известными алгоритмами численных методов в пакете математических программ MathCAD [2].

Обязательным условием является то, что при разрешении системы необходимо задать компьютеру направление для выбора истинного комплекта корней из нескольких возможных (неизвестные углы установки являются аргументами тригонометрических функций, т.е. система имеет нелинейный характер). Это направление задается направляющим вектором решения или начальными приближениями неизвестных параметров. Направляющий вектор решения состоит из указанных перед расчетным блоком ожидаемых средних значений неизвестных углов и координат за весь цикл поворота ведущего звена с точностью не ниже порядка величины.

2. Определение скоростных параметров плоских механизмов

Для расчета применим известную из раздела «Кинематика» формулу:

$$\begin{cases} V_{A_2x} = V_{A_1x} - \omega_2 r_2 \sin\varphi_2 \\ V_{A_2y} = V_{A_1y} + \omega_2 r_2 \cos\varphi_2 \end{cases}, \qquad (3)$$

где индексом 2 снабжены проекции скорости конечной точки некоторого звена A_1A_2 плоского механизма (рис. 3), а индексом 1 – проекции скорости его начальной точки.

На этом этапе десять неизвестных проекций скоростей точек механизма и четыре угловые скорости его звеньев.

Отмечаем условия связи, или иначе – кинематические условия, нало-

женные на некоторые частично или полностью зафиксированные точки механизма (неподвижные шарниры или ползуны).

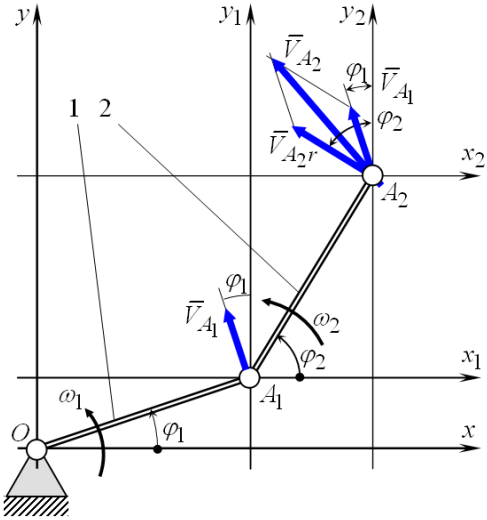


Рис. 3. Схема для определения скоростных параметров плоского механизма

Образуем систему из 14 уравнений, составленных по выражению (3) для каждой из семи точек механизма, которую решаем численным методом. Причем, в отличие от предыдущего случая, образовавшаяся система уравнений линейна относительно неизвестных, поэтому имеет единственный комплект корней, а значит, направляющий вектор решений может состоять из единичных значений своих элементов.

Для точки *B* имеем

$$\begin{cases} V_{Bx} = V_{Ax} - \omega_2 r_2 \cdot \sin\varphi_2 \\ V_{By} = V_{Ay} + \omega_2 r_2 \cdot \cos\varphi_2 \end{cases}. \qquad (4)$$

3. Определение ускорений точек и угловых ускорений звеньев плоских механизмов

Для расчета воспользуемся известным из раздела «Кинематика» уравнением:

$$\begin{cases} a_{x2} = a_{x1} - \omega_2^2 r_2 \cos\varphi_2 - \varepsilon_2 \cdot r_2 \sin\varphi_2 \\ a_{y2} = a_{y1} - \omega_2^2 r_2 \sin\varphi_2 + \varepsilon_2 \cdot r_2 \cos\varphi_2 \end{cases}, \qquad (5)$$

где индексом 2 снабжены проекции ускорения конечной точки некоторого звена A_1A_2 плоского механизма (рис. 4), а индексом 1 – проекции ускорения его начальной точки.

Из формулы (5), используя условия связи, можно вновь образовать систему уравнений для вычисления 14 неизвестных параметров ускорений в

механизме при заданном его положении. К условиям связи в применении к параметрам ускорения можно отнести следующие.

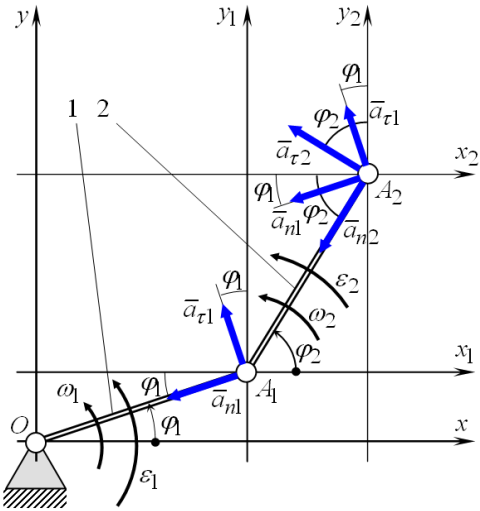


Рис. 4. Схема для определения параметров ускорения в плоском механизме

Условие неподвижности некоторого опорного шарнира, например O_2:

$$a_{O_2x} = a_{O_2y} = 0\,.$$

Условие движения по прямолинейной горизонтальной направляющей (например, ползун B):

$$a_{Bx}=a_B;\ a_{By}=0.$$

Условие движения по прямолинейной наклонной направляющей (например, под углом α к горизонту):

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{a_{Fy}}{a_{Fx}}.$$

Условие движения по криволинейной направляющей:

$$a_{By} = \frac{V_B^2}{R} = \frac{V_{Bx}^2 + V_{By}^2}{R}\,.$$

Система имеет линейный характер, поэтому направляющий вектор ее решений может состоять из единичных значений своих элементов.

Уравнения для точки B примут вид:

$$\begin{cases} a_{Bx} = a_{Ax} - \omega_2^2 r_2 \cdot \cos\varphi_2 - \varepsilon_2 r_2 \cdot \sin\varphi_2 \\ a_{By} = a_{Ay} - \omega_2^2 r_2 \cdot \sin\varphi_2 + \varepsilon_2 r_2 \cdot \cos\varphi_2 \end{cases}. \qquad (6)$$

4. Анимация процесса движения заданного механизма

По результатам расчета геометрических параметров механизма появляется возможность анимации его движения, которая преследует несколько

целей:

– наглядная демонстрация движения механизма;

– проверка правильности геометрического расчета для всех возможных его положений;

– проверка работоспособности в его рабочих положениях.

Опыт показывает, что навыки выбора направляющего вектора в решении задачи вырабатываются только в процессе самостоятельного выполнения работы студентом. Качество выполнения лабораторной работы зависит от лаконичности введенных обозначений, правильности записей, точности изображенной кинематической схемы механизма с его характерными точками и углами установки звеньев.

Проведение лабораторной работы «Исследование кинематических параметров плоского механизма» в студенческих группах механиков и будущих специалистов электропривода показала ее дееспособность с точки зрения улучшения качества и интенсификации учебного процесса при изучении дисциплины «Теоретическая механика».

Выводы. Решение практических задач численными методами позволяет студенту выполнять инженерные расчеты с использованием компьютерных программ, развивает способность к творческому анализу работы исследуемого объекта, приобрести фундаментальные знания, являющиеся неотъемлемой частью для изучения специальных дисциплин на старших курсах.

Литература:

1. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. – Т. 1. – М.: Наука, 1989.
2. Гурский Д.А. Вычисления в MathCAD. – М.: Новое знание, 2003. – 814 с.: ил.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ Д'АЛАМБЕРА ПРИ КОМП'ЮТЕРНОМУ МОДЕЛЮВАННІ КОЛИВАНЬ СТРУНИ В КУРСІ «МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ»

О.В. Зуєв, О.В. Вершинін, О.А. Коновал, М.А. Слюсаренко
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Коло питань математичної фізики тісно пов'язане з вивченням різних фізичних процесів. До них відносять явища гідродинаміки, електродинаміки та ін. Задачі, які виникають при цьому, містять багато спільних елементів, що складають предмет математичної фізики.

Методи дослідження математичної фізики за своєю природою математичні, проте постановка задач математичної фізики, будучи тісно зв'язаною з вивченням фізичних проблем, має свої специфічні риси. Так, наприклад, початкова і кінцева стадії процесу носять якісно різний характер і потребують використання різних математичних методів.

Оскільки студенти не завжди достатньо чітко уявляють процеси, які відображає та чи інша формула, особливо такі, що мають динамічний просторовий характер, для підвищення рівня розуміння матеріалу доцільним є застосування нових інформаційних технологій.

Нами був розроблений програмний комплекс Wave, що дозволяє наочно пояснити метод д'Аламбера розв'язку задачі Коші про вільні коливання струни.

Розглянемо коротко теоретичні основи методу д'Аламбера.

Рівняння вільних коливань однорідної нескінченної струни описується рівнянням:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}. \tag{1}$$

На задачу накладаються такі початкові умови:

$$u(x, 0)=f(x), \quad \left.\frac{du}{dt}\right|_{t=0} = F(x). \tag{2}$$

де $f(x)$ – початковий профіль струни, а $F(x)$ – швидкість точок струни в початковий момент часу.

Загальним розв'язком цього рівняння є рівнянням д'Аламбера:

$$u(x,t) = \frac{f(x-at)+f(x+at)}{2} + \frac{1}{2a}\int_{x-at}^{x+at} F(s)ds. \tag{3}$$

Розглянемо випадок, коли струна здійснює коливання лише внаслідок її початкового відхилення від положення рівноваги. В цьому випадку початкова швидкість точок струни $F(x)=0$ і розв'язок д'Аламбера має вигляд:

$$u(x,t) = \frac{f(x-at)+f(x+at)}{2}. \tag{4}$$

Процес, що описується функцією $\frac{f(x-at)}{2}$, називається розповсюдженням прямої хвилі, яка має постійну форму і рухається з постійною швидкістю a вправо вздовж вісі Ox. Процес, що описується функцією $\frac{f(x+at)}{2}$ називається розповсюдженням зворотної хвилі, яка має також постійну форму і рухається з постійною швидкістю a вліво вздовж вісі OX. Профіль прямої та зворотної хвилі за величиною дорівнює половині початкового відхилення, тобто $\frac{f(x)}{2}$. Отже відхилення струни від положення рівноваги в довільний момент часу можна розглядати як результат суперпозиції прямої та зворотної хвилі, які поширюються в протилежних напрямках з однаковою сталою швидкістю.

Метод д'Аламбера можна застосовувати і до задачі про коливання напівнескінченої та скінченої струни.

Розв'язок задачі для напівнескінченої струни можна шукати як окремий випадок задачі про коливання нескінченної струни. Тому функцію $f(x)$, яка визначена лише при $x \geq 0$, необхідно довизначити непарним способом і на інтервал $-\infty < x < 0$. Оскільки після довизначення функції на всю числову вісь струну можна розглядати як нескінченну, то можна використати розв'язок д'Аламбера, при цьому результат суперпозиції прямої та зворотної хвилі розглядається лише на інтервалі $0 \leq x < \infty$.

Метод розв'язування задачі про коливання скінченої струни довжиною l, полягає у зведенні цієї задачі до задачі про коливання нескінченної струни. З цією метою треба довизначити функцію $f(x)$ на відрізок $(-l;\ 0)$ непарним способом, а потім отриману функцію періодично довизначити на всю числову вісь. Результат додавання біжучих хвиль розглядається лише на інтервалі $0 \leq x < l$.

Відповідно при вивчені цієї теми в методичних посібниках [1; 2] студентам пропонується знайти профіль струни в певний фіксований момент часу. При виконані такого завдання студенти повинні будувати початкове відхилення струни, профіль прямої та зворотної хвилі в заданий момент часу, знаходити результат їх суперпозиції. Все це вимагає виконання геометричних побудов, що займає багато часу, при цьому доволі часто виникають труднощі з побудовою. Тому в прикладах, які наводяться, початкове відхилення має простий характер, зазвичай форму трикутника. На нашу думку, такі приклади не зовсім вдалі, тому що це віддаляє нас від фізичної суті задачі, адже в реальних коливаннях ми ніколи не побачимо гострих кутів в профілі струни. Розгляд же більш реалістичніших прикладів неможливий через неспроможність студентів виконати необхідні побудови від руки.

Програмний комплекс Wave (рис. 1) виступає в даному випадку як наочно-методичний комплекс, який дає змогу моделювати хвилі відхилень

нескінченої, напівнескінченої та скінченої струни.

Рис. 1. Головне вікно програмного комплексу Wave

Програмні елементи (модулі) розміщені в послідовності викладання матеріалу, що дає змогу викладачеві досить швидко зорієнтуватись в окремих демонстраціях.

Комплекс складається з семи демонстрацій в трьох категоріях: для нескінченої, напівнескінченої та скінченої струни, та модуля «Прикладні задачі».

Розглянемо модуль, що моделює коливання нескінченої струни, початковий профіль якої має форму параболи (рис. 2).

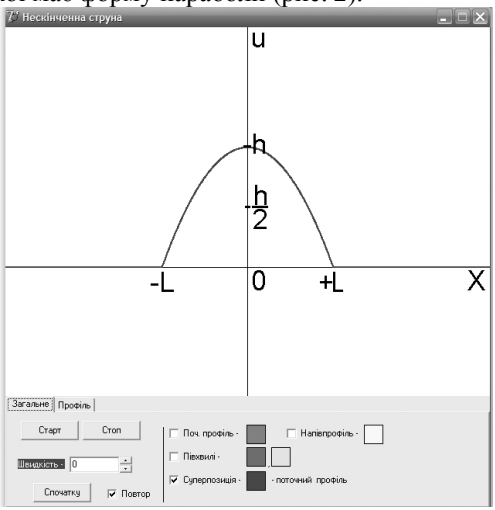


Рис. 2. Модель коливань нескінченої струни, початковий профіль якої має форму параболи

Вікно розділене на дві частини: частину візуальної моделі коливання струни та частину, що представлена у вигляді панелі моделювання (рис. 3).

Рис. 3. Панель моделювання

Ця панель має дві закладки: «Загальне» (рис. 3) та «Профіль». На закладці «Загальне» ми можемо задавати швидкість розповсюдження біжучих хвиль. Також можна вивести на екран початковий профіль струни, напівпрофіль, півхвилі та результат суперпозиції біжучих хвиль. Всі зміни негайно вступають в силу і відображається на екрані.

Закладка «Профіль» представлена на рис. 4.

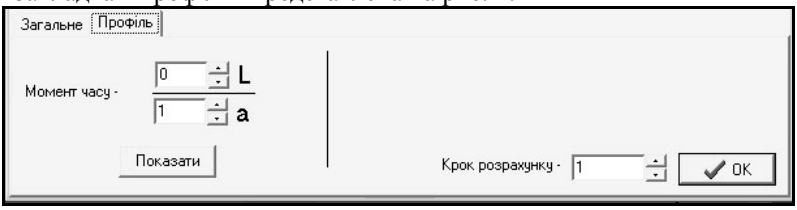


Рис. 4. Закладка «Профіль»

На цій закладці ми можемо задати фіксований момент часу в одиницях l/a, для якого ми хочемо побудувати профіль струни. Також можемо змінити крок розрахунку, що впливатиме на кількість точок, за якими будується графік (можна змінювати в межах від 1 до 10).

Після вводу швидкості та запуску процесу моделювання (кнопка «Старт»), через деякий час t ми побачимо картину, зображену на рис. 5.

На рис. 6. біжучі хвилі (півхвилі) показані сірою лінією, хоча в програмі вони виділені різними кольорами: пряма хвиля зображена блакитним кольором, зворотна – зеленим. Синім кольором показано суперпозицію цих хвиль, тобто профіль струни в момент часу t.

Слід зауважити, що при виборі напівнескінченої та скінченої струни користувач побачить два перемикача: перемикач «Довизначити» відображає результат довизначення початкового відхилення на всю числову вісь, перемикач «Показати інтервал $x<0$» дає змогу побачити, що відбувається на від'ємній (уявній) вісі при коливаннях струни.

Застосування програмного засобу Wave дозволяє студентам побачити процеси коливання струни з різними початковими умовами, розглянути динаміку коливання струни, побудову прямої та біжучої хвилі, результат їх

суперпозиції, визначити профіль струни в довільний фіксований момент часу та поглибити свої знання з даної теми при застосуванні модуля «Прикладні задачі».

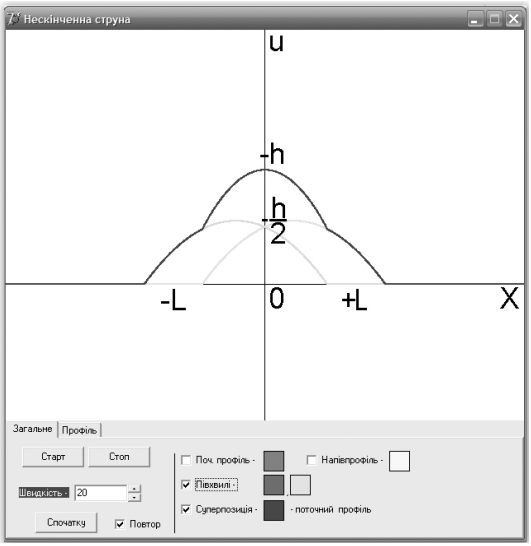


Рис. 5. Профіль струни в деякий момент часу *t*

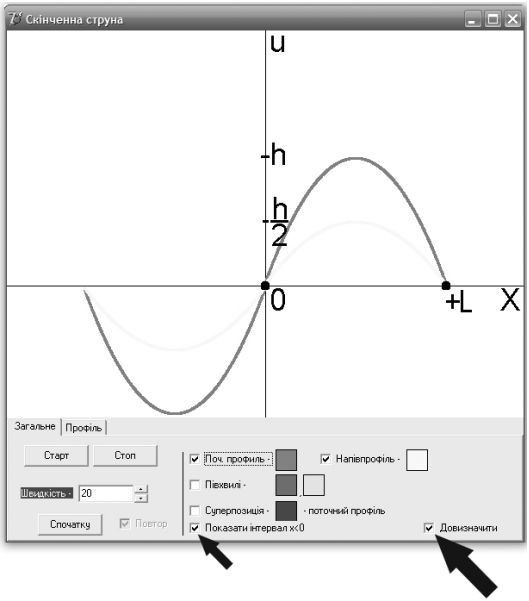


Рис. 6. Додаткові параметри для напівнескінченої струни

Література:

1. Бугаєнко Г.О. Методи математичної фізики. –К.: Вища школа, 1970.
2. Белевец П. С., Кожух И. Г. Задачник-практикум по методам математической физики. – Мн.: Выш. шк., 1989. –108 с.: ил.
3. Свізинський А. Математичні методи теоретичної фізики. – К., 1998.
4. Несис Е. И. Методы математической физики. – М.: Просвещение, 1977.
5. Очан Ю.С. Методы математической физики. –М.: Высшая школа, 1965.
6. Джеффрис Г., Свирас Б. Методы математической физики. –М.: Мир, 1969.
7. Семянистый В. И., Цукерман В. В. Задачник-практикум по математической теории поля. – М.: Просвещение, 1997.
8. Левин В.И. Методы математической физики. – М.: Просвещение, 1960.
9. Сборник задач и упражнений по специальным главам высшей математики. Под. ред. Г.И. Кручковича. – М.: Высшая школа, 1970.

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯ-ЛУНА В ДОЛГОСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

Ю.А. Курбатов, Т.С. Шихалева
г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Человечество дважды в сутки, а точнее через каждые 12 часов 26 минут является свидетелем грандиозных природных явлений – приливов, т.е. поднятия уровня открытых морей примерно на метр, а в мелководных заливах до 16 метров, а затем через 6 часов 13 минут – отливов. Виновницей этих явлений является в основном Луна – естественный спутник Земли.

Приливные–отливные течения происходят при наличии сил трения воды о дно и берега морей и океанов. В [1] и [2] приводятся потери мощности и энергии вращения Земли, вызванные приливными явлениями на протяжении всей истории существования системы Земля-Луна. Анализируя данные по динамике роста продолжительности суток на Земле [3], полученные в Институте физики Земли АН СССР, можно построить зависимость скорости увеличения периода вращения Земли в течение всей истории существования системы Земля-Луна до наших дней (рис. 1).

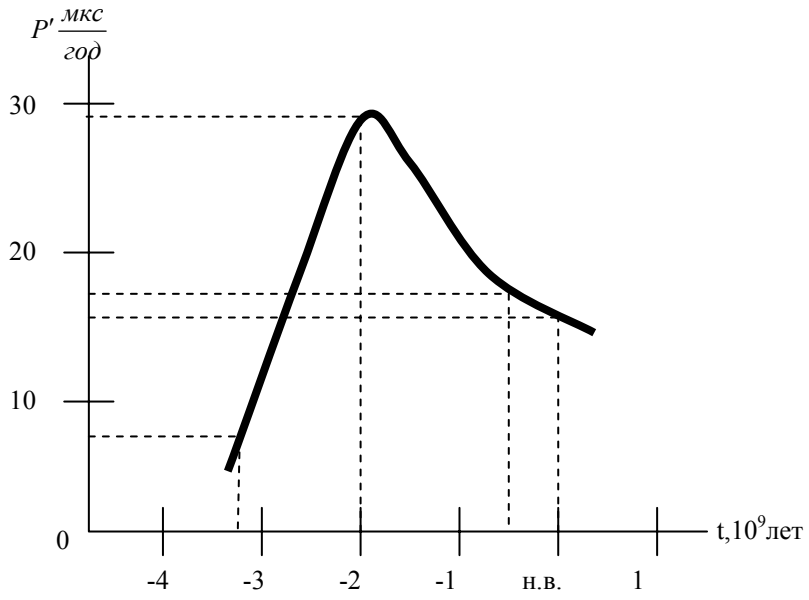


Рис. 1. Динамика увеличения периода вращения Земли (н.в. – наше время)

В историческом промежутке времени от 2,5 до 1,5 миллиардов лет прослеживается резкое замедление скорости вращения Земли. Именно в этот период по данным геофизики началось раздвижение континентов Земли, которые до этого времени были сгруппированы в один суперконтинент – Пангею. В этот период на поверхности земного шара появляется много мелких краевых морей – это с одной стороны, а с другой – увеличивается протяженность береговой линии мирового океана. Все это привело к тому, что резко увеличившееся трение приливных–отливных течений увеличило процесс отбора кинетической энергии у вращающейся Земли и выделение ее в виде тепла на мелководьях., что, в свою очередь, привело к резкому росту продолжительности суток в этот исторический период и сокращению соответственно числа дней в году. Эти расчетные величины есть с чем сравнивать: слои роста ископаемых корралов, двухстворчатых малюсков и водорослей позволяют определить число дней в году почти на 3 миллиарда лет назад. По данным, приведенным в работе [3], можно проследить динамику роста продолжительности солнечных суток в физических часах на земном шаре в различные доисторические эпохи (рис. 2).

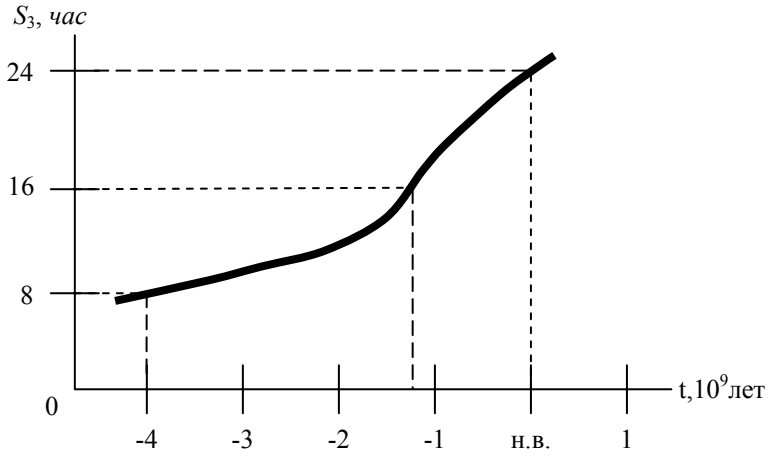


Рис. 2. Длительность солнечных суток на Земле в различные эпохи

За четыре миллиарда лет сутки на Земле увеличились с 8 до 24 физических часов. Существенно уменьшилась скорость вращения Земли и за это время она потеряла порядка $1{,}62 \cdot 10^{30}$ Джоулей энергии вращательного движения [2]. При этом скорость, с которой убывала кинетическая энергия, составила величину порядка $2{,}8 \cdot 10^{12}$ Ватт. Почти 96% этой мощности пошло в тепловую мощность, выделяемую приливами, т.е. на разогрев Земли в целом [1], [2]. Эта тепловая мощность мала по сравнению со световой мощность, получаемой Землей от Солнца. В настоящее время эта величина со-

ставляет $1{,}8 \cdot 10^{17}$ Ватт [4]. Однако, в прошлом, когда Луна была ближе к Земле и последняя вращалась быстрее, приливы вносили более значительный вклад в тепловой баланс нашей планеты. Это происходило по двум причинам: во-первых, гравитационное ускорение со стороны Луны на океанические воды обратно пропорционально кубу геоцентрического расстояния Луны [4]; во-вторых, при коротких сутках в раннюю историю Земли период времени между приливами был гораздо меньше, чем мы имеем в нашу эпоху.

Оставшиеся 4% энергии от потерянной вращательной энергии Земли идут на увеличение энергии Луны, за счет чего последняя имеет возможность удаляться от Земли. В наше время скорость этого удаления составляет около 38 миллиметров в год [3]. Этот факт был получен благодаря лазерной локации поверхности Луны, путем получения отраженных коротких лазерных импульсов от отражателей, установленных на поверхности Луны советскими автоматическими станциями и американскими астронавтами.

В доисторические эпохи, когда период вращения Земли увеличивался быстрее, Луна удалялась от Земли со значительно большой скоростью.

По данным [3] можно построить зависимость геоцентрического расстояния Луны в различные эпохи (рис. 3). С увеличением геоцентрического расстояния неизбежно будет увеличиваться период движения Луны по своей орбите (сидерический месяц) согласно третьему закону Кеплера $T_л \sim r^{\frac{3}{2}}$. В наше время он длится 27,32 наших солнечных суток.

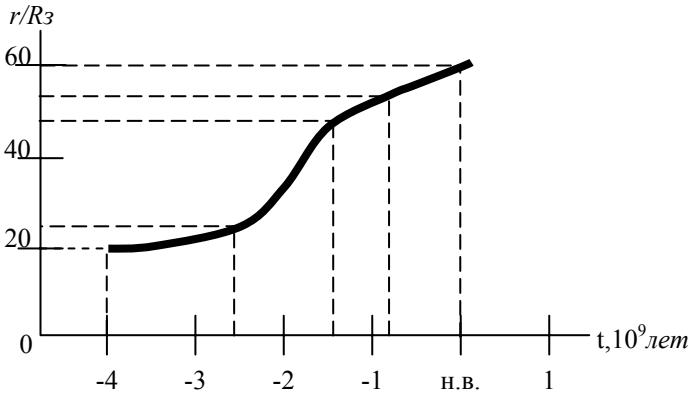


Рис. 3. Геоцентрическое расстояние Луны (в радиусах Земли)

Зная геоцентрическое расстояние Луны в различные эпохи, можно оценить продолжительность сидерического месяца в эти эпохи. Данные об этом приведены на рис. 4.

Если учесть, что гелиоцентрическое расстояние Земли не менялось в прошлом и будет неизменным в будущем, можно оценить продолжитель-

ность синодического месяца (т.е. интервал времени между двумя ближайшими одноименными фазами Луны, например, от новолуния до следующего новолуния). В настоящее время эта величина равна 29,52 длительности суток нашей эпохи, ее значения в другие эпохи показаны на рис. 5.

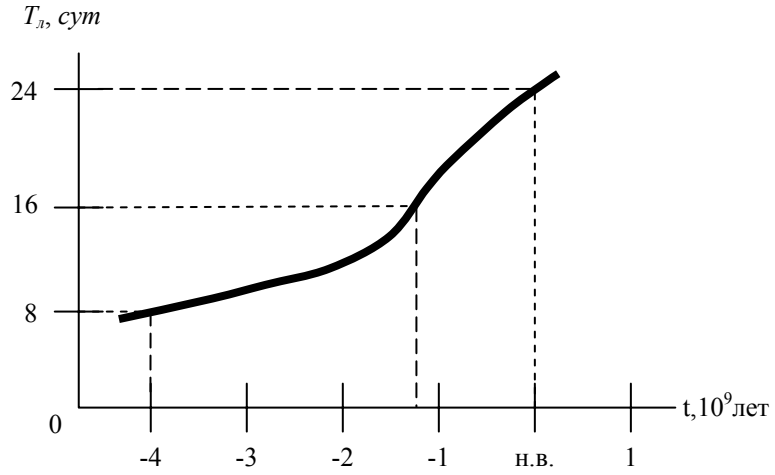


Рис. 4. Продолжительность сидерического месяца (в наших сутках) в различные эпохи

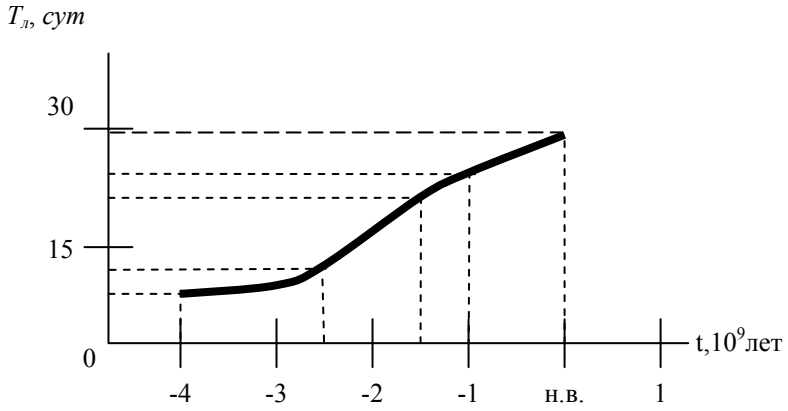


Рис. 5. Продолжительность синодического месяца (в наших сутках) в различные эпохи

Таким образом, скорость увеличения суток на Земле больше, чем скорость увеличения сидерического (а, следовательно, и синодического) месяца. Поэтому число вращений Земли, укладывающее в периоде одного обра-

щения Луны вокруг Земли, уменьшается, т.е. уменьшается число суток, заключающихся в месяце, хотя последний и становится длиннее.

Например, когда сутки по своей длине станут вдвое более наших суток, тогда месяц будет равен 37-ми нашим суткам, но так как Земля будет вращаться вдвое медленнее, то месяц той эпохи будет заключать в себе 18 суток той эпохи. Эти постепенные изменения в длине суток и месяца будут протекать непрерывно, пока период вращения Земли не увеличится до 55 наших суток [5]. Одновременно с тем и сидерический месяц, то есть период обращения Луны вокруг Земли, будет состоять из 55 наших суток. В ту далекую будущую эпоху Луна будет находиться над одним и тем же местом земной поверхности, и оба небесные тела будут двигаться так, будто они связаны жестким стержнем. При этом всякие движения приливного – отливного характера на Земле прекратятся, и останется так называемая застывшая приливная волна. Такое вращение Земли называется синхронным. Синхронизация вращения Луны с ее сидерическим периодом (месяцем) произошла в более ранние стадии эволюции. Поэтому в нашу эпоху Луна обращена к Земле всегда одной стороной.

Если при этом гелиоцентрическое расстояние Земли, а, следовательно, и ее сидерический период останутся неизменными, то, используя уравнение синодического движения, можно оценить продолжительность солнечных суток на Земле:

$$S_З = \frac{T_З \cdot P_З}{T_З - P_З} \qquad (1)$$

где $T_З$ – сидерический период Земли 365,25 наших суток, $P_З$ – период вращения Земли в ту далекую эпоху, т.е. 55 наших суток.

Получится, что солнечные сутки в ту далекую эпоху будут в 64,75 больше наших суток. Подобным же образом можно оценить длительность синодического месяца (от новолуния до новолуния), только при этом вместо $P_З$ в формуле (1) надо подставить сидерический месяц $T_л$, но он будет равен как предположили выше тому же, что и $P_З$, т.е. 55 нашим суткам. Таким образом, от новолуния до следующего новолуния пройдет также 64,75 наших суток. Поэтому, длительности месяца и суток уравниваются, и в течение года (т.е. в течение сидерического периода Земли) будет всего 5,64 месяца и столько же солнечных суток.

Можно сделать оценки на каком геоцентрическом расстоянии будет в ту эпоху Луна и когда наступит та далекая эпоха. Для этого воспользуемся третьим законом Кеплера, из которого следует:

$$r_Б = r_н \left(\frac{T_{ЛБ}}{T_{ЛН}} \right)^{\frac{2}{3}} \qquad (2)$$

где r_B, $T_{ЛБ}$ – геоцентрическое расстояние и сидерический месяц Луны в ту

эпоху; r_H, $T_{ЛН}$ – соответственно в нашу эпоху.

При $r_H = 60{,}3R_З$, значение r_B будет равно $96R_З$. На рис. 3 эта прогнозируемая точка находится в верхнем правом углу графика. Т.е. Луна за время, которое отделяет нас от той эпохи, добавит к своему геоцентрическому расстоянию еще $36R_З$.

Если темпы ее удаления от Земли будут такие же, как в нашу эпоху, то это произойдет примерно через 3,5 миллиарда лет. Однако, как показывает зависимость на рис. 3, темпы убегания Луны должны быть меньше и та эпоха синхронного вращения Земли и Луны наступит позже. Возможно, раньше погаснет наше Солнце. Тем не менее, попытаемся хотя бы графически воспроизвести это синхронное движение Луны-Земли (рис. 6).

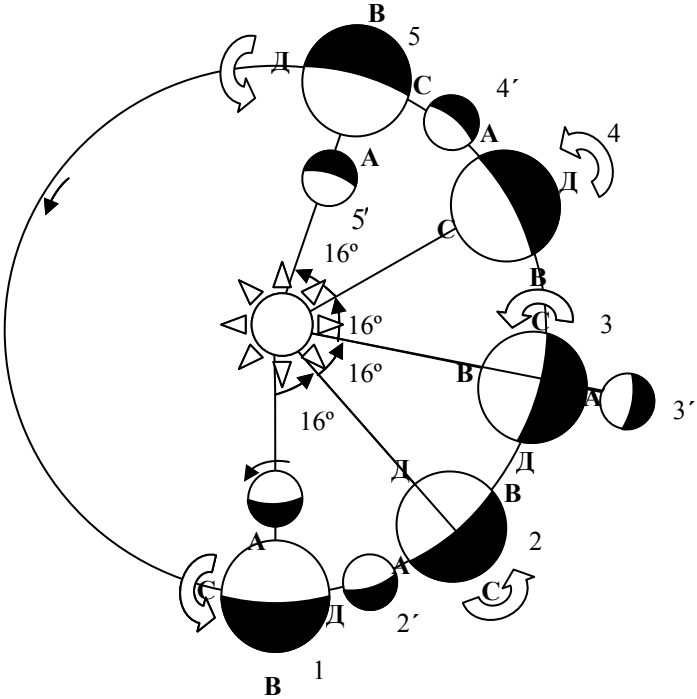


Рис. 6. Лунные фазы при синхронном вращении Земли и Луны

При нахождении Земли в точке 1 Луна будет находиться в точке 1´ и будет фаза новолуния. Через 16,2 суток нашей эпохи (т.е. через 389 объективных физических часов) Земля пройдет по своей орбите дугу примерно в 16º и окажется в положении 2, а Луна в положении 2´. При этом будет наблюдаться первая четверть лунной фазы. Далее через такой же промежуток времени Земля окажется в положении 3, а Луна – 3´ и будет полнолуние.

Затем Земля будет в положении 4, а Луна – 4´ и наступит третья четверть лунной фазы. А затем Земля в положении 5, а Луна в положении 5´ и будет снова новолуние и т.д. От новолуния 1 до следующего новолуния 5 Земля по своей орбите пройдет дугу около 64º и между этими событиями интервал времени будет около 1554 часа или 64,75 суток нашей эпохи. Это и будет продолжительность синодического месяца той далекой эпохи синхронного вращения Земли и Луны. В нашу эпоху такой месяц состоит из 29,52 суток.

Сидерический год, в течение которого Земля пройдет всю свою гелиоцентрическую орбиту, а это в случае сохранения ее гелиоцентрического расстояния таким же, какое оно есть в нашу эпоху, составит 365,25 суток нашей эпохи или 8766 физических часов. Такой год в ту далекую эпоху будет состоять всего из 5,64 месяцев и из такого же количества солнечных (синодических) суток той будущей эпохи.

Согласно рис. 6 на земном меридиане А Луна во всех фазах будет находиться неподвижно на небесном меридиане в состоянии верхней кульминации. На земном меридиане В она будет всегда в нижней кульминации. На географическом меридиане от В до С и от В до Д Луна никогда не будет видна. На меридианах от А до Д Луна будет наблюдаться в восточной части неба, причем чем ближе географический меридиан расположен к меридиану Д, тем ниже к горизонту будет Луна. И с меридиана Д Луна будет наблюдаться во всех фазах только на восточном горизонте. На меридианах от А до С Луна будет наблюдаться в западной части неба, а с меридиана С она будет во всех фазах видна только на западном горизонте.

Все это заманчивый прогноз. На самом деле долгосрочная эволюция в этой системе пойдет по более сложному пути, так как в этой модели не учитывается влияние Солнца на приливные процессы на Земле. В нашу эпоху это влияние в 2,2 раза меньше Лунного. При удалении Луны от Земли ее влияние на Землю с точки зрения приливных явлений перестанет быть доминирующим, и все большую роль будет играть Солнечные приливы, и действительность будет несколько иной.

Литература:

1. Бялко А.В. Наша планета – Земля. – М.: Наука, 1989.
2. Курбатов Ю.А., Марченко В.М. Баланс энергии в динамической системе Земля-Луна // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Вип. 4. Том 2. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2006. – С. 271-274.
3. Наука и жизнь. – 1987. – № 10.
4. Догаев М.М., Демин В.Г., Климишин И.А., Чаругин В.М. Астрономия. – М.: Просвещение, 1983.
5. www.astronomy.ru.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СЕРЕДОВИЩІ CARBON-DESIGNER

Р.М. Балабай[α], П.В. Мерзликін[β]
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
[α] oks_pol@cabletv.dp.ua
[β] linuxoid@ukr.net

Останнім часом мало кого можна здивувати ідеєю використання комп'ютерних моделей в навчальному процесі. Особливо це стосується фізичних дисциплін, оскільки фізика часто має справу з різноманітними моделями, які відображають найсуттєвіші ознаки фізичної реальності.

На ринку програмного забезпечення існує багато комерційних і відкритих проектів, що пропонують готові рішення для застосування комп'ютерних моделей при вивченні фізики. Більшість таких програм моделюють класичні фізичні досліди або досліди, які в умовах навчального процесу відтворити важко чи взагалі неможливо. Крім того, деякі моделі сприяють кращому засвоєнню абстрактних наукових понять, які не мають аналогів у повсякденному досвіді (поле, хвиля, вектор тощо). В цих програмах, як правило, передбачені елементи управління, що дозволяють змінювати параметри комп'ютерного експерименту, та засоби візуалізації, що дозволяють краще спостерігати деякі залежності й особливості фізичних процесів. Таким чином, використання комп'ютерних моделей в навчальному процесі допомагає побачити особливості протікання фізичних процесів, дає можливість ілюструвати навчальний матеріал яскравими і виразними засобами.

Досвід показує, що в тому випадку, коли учень чи студент отримує готову комп'ютерну модель у вигляді "чорного ящика", в який вводяться необхідні параметри, а на виході отримується деяка послідовність станів системи або певні закономірності, не завжди чітко обговорюються засади, на яких побудована дана модель, а також проводяться адекватні паралелі між моделлю і реальною системою. Може виникнути спокуса ототожнення моделі й реальної системи, причому це стосується не тільки учнів чи студентів, а навіть вчителів і викладачів. Крім того, подібні програмні продукти часто мають закритий код, тому немає можливості побачити й оцінити алгоритми, на яких побудована комп'ютерна модель.

Застосування готових рішень, на нашу думку, не завжди виправдане в вищому навчальному закладі, тим більше при підготовці фахівців фізичних спеціальностей. Так, часто виявляється, що існуючі середовища для моделювання не в повній мірі відповідають вимогам, що до них висуваються, тому виникає необхідність у розробці власного програмного забезпечення.

Так, нами розробляється середовище для моделювання різних атомних структур (молекул, кристалічних ґраток, нанотрубок, фулеренів, поверхонь

кристалів тощо) Carbon-designer-free, що вільно поширюється за ліцензією GNU. Основні можливості програми:

– підтримка багатьох поширених платформ, у тому числі GNU/Linux, MS Windows, Mac OS X і багатьох комерційних варіантів UNIX;

– генерування нанотрубок і деяких кристалічних ґраток із заданими параметрами:

– завантаження, редагування, збереження моделі;

– використання різних генераторів випадкових чисел;

– редагування розподілу ймовірностей різних подій;

– збереження миттєвого знімка в одному з популярних графічних форматів (JPEG, PNG, EPS, PS, PPM, BMP, XFig);

– встановлення таймеру;

– збереження графіків в графічний файл у форматі PNG або у вигляді текстового файлу. Якщо зберегти дані в текстовий файл, то графіки можна потім будувати засобами електронних таблиць або спеціалізованих програм типу gnuplot.

Нами була розроблена система лабораторних робіт з комп'ютерного моделювання, присвячена росту тонких плівок з використанням Carbon-designer. Моделювання росту проводиться динамічним методом Монте-Карло згідно алгоритму, наведеному в [1].

Наводимо тут теми деяких лабораторних робіт: "Створення моделі нанотрубки. Спостереження стадій росту плівки на поверхні нанотрубки" (рис. 1), "Дослідження залежності середньої товщини плівки від часу при різних розмірах критичного зародку", "Дослідження залежності площі поверхні плівки від часу при різних розмірах критичного зародку".

Програмний пакет Carbon-designer можна застосовувати для проведення лабораторних робіт при вивченні фізики студентами фізичних спеціальностей. Якщо навчальною програмою передбачено ознайомлення студентів з основами нанотехнологій, то лабораторні роботи можуть доповнювати курс лекцій і практичних занять. В такому випадку бажано, щоб перед проведенням лабораторної роботи студенти мали змогу ознайомитись з матеріалом на лекціях і практичних заняттях. Це сприятиме кращому усвідомленню мети і завдань лабораторної роботи.

Наведені лабораторні роботи можуть бути також частиною циклу лабораторних робіт з комп'ютерного моделювання. В такому випадку їх метою є ознайомлення студентів з методами комп'ютерного моделювання і усвідомлення ними місця комп'ютерного моделювання серед інших методів фізичного дослідження.

Існує можливість проведення домашніх лабораторних робіт, коли студент виконує лабораторну роботу вдома або в комп'ютерному класі самостійно. Результати такої роботи повинні обговорюватись на практичних заняттях і аналізуватись разом з викладачем.

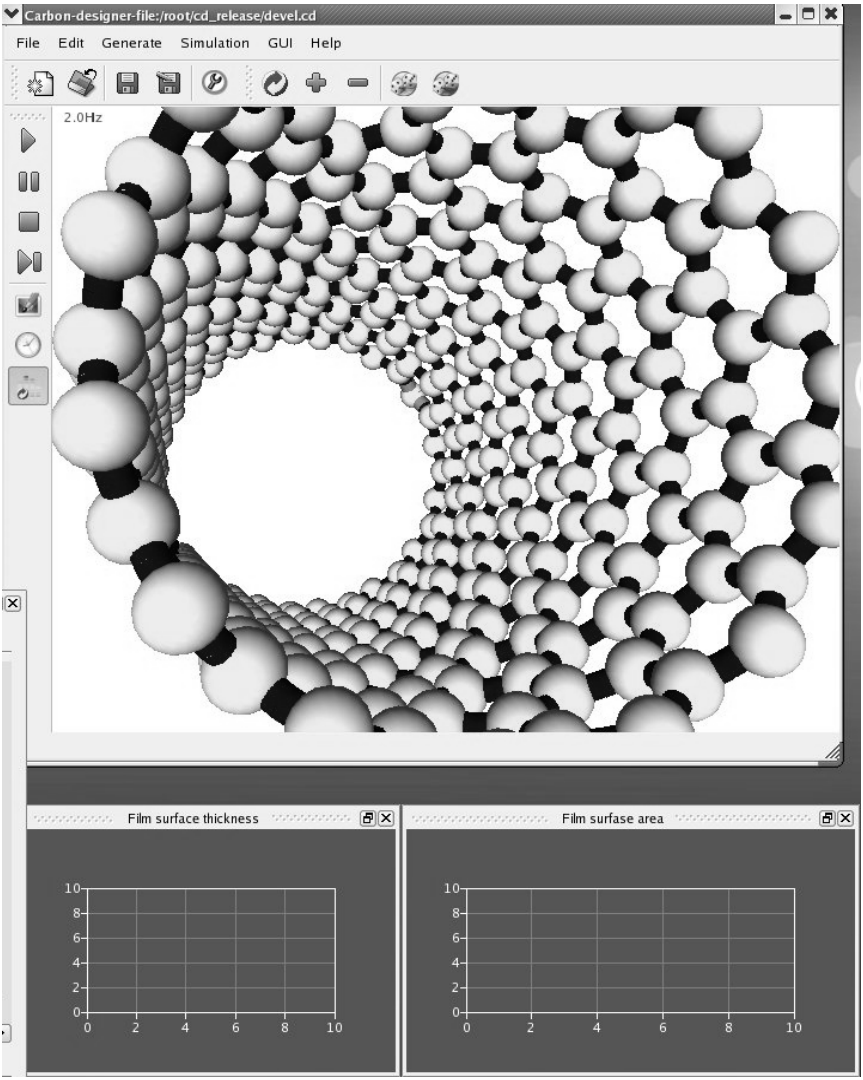


Рис. 1. Моделювання поверхні нанотрубки в Carbon-designer

Програмний пакет Carbon-designer може також бути корисним для викладачів як засіб наочності при проведенні лекцій.

Література:

1. Johnson D., Kinetic Monte Carlo Bare Bones and a Little Flesh // Computation Materials Science Summer School, 2001.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В НЕКОТОРЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ ПО ОСНОВАМ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

В.И. Опришко, А.Н. Гуливец, П.А. Арбузов
г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. ак. В. Лазаряна
gulivets@rambler.ru

Усвоение физических понятий значительно облегчается, если создать чувственную либо рациональную опору. Такими опорами в обучении физике, как установлено рядом исследователей [1-6], могут стать модели. Под моделью понимается система, находящаяся в определенных отношениях к изучаемому объекту. При этом должны выполняться условия уточненной аналогии, репрезентации и экстраполяции. Иными словами, объект и модель должны быть подобными, модель должна выступать заместителем объекта. В познании изучение модели позволяет получить информацию об объекте. В общетеоретическом смысле моделирование означает осуществление каким-либо способом отображения или воспроизведения объективных закономерностей. Обобщенно моделирование определяется как метод опосредованного познания, при котором изучаемый объект (оригинал) находится в некотором соответствии с другим объектом (моделью), причем объект-модель способен в том или ином отношении замещать оригинал на некоторых стадиях познавательного процесса [4].

Моделирование может быть мысленным и предметным. Многочисленные виды предметного моделирования можно, в свою очередь, разделить на группы: натурное моделирование, физическое моделирование и математическое моделирование.

Физическое моделирование заключается в том, что объект заменяется его физической моделью, т.е., таким объектом, который в существенных чертах подобен оригиналу. При физическом моделировании соответственные величины натуры и модели имеют одинаковую физическую природу. Подобие означает, что исследованные на модели явления отличаются от аналогичных в оригинале только масштабами.

При математическом моделировании явления в натуре и в модели имеют одинаковое математическое описание. Такое моделирование часто реализуется с помощью какого-либо электрического устройства и поэтому называется электрическим моделированием [3].

В настоящее время широкое распространение в научных исследованиях получает моделирование физических полей стационарным электрическим полем. Этот вид моделирования основан на системах электрических аналогий, развитием которых явились модели ЭГДА (электродинамические аналогии и сеточные модели) [4]. В дальнейшем будем в основном рассматри-

вать электрическое моделирование.

Теоретической основой метода электродинамических аналогий является формальное сходство между формулами электростатики и постоянного тока. Эта аналогия проявляется в том, что электростатическое поле и поле тока в проводящей среде одинаково описываются уравнениями Лапласа.

Так, например, сила электрического тока линейно зависит от напряжения и заряд конденсатора линейно зависит от напряжения на его пластинах:

$Q = C \cdot U$ – в электрическом поле (1)

$I = \frac{1}{R} U = \sigma \cdot U$ – в стационарном электрическом поле тока.

Аналогом емкости ***C*** выступает проводимость σ.

Формальная аналогия существует также между плотностью тока проводимости и электрическим смещением поля конденсатора:

$$j = \sigma \cdot E \qquad \text{и} \qquad D = \varepsilon_0 \cdot E \tag{2}$$

Проводимость пластинки толщиной d и емкость конденсатора такой же толщины описываются сходными формулами (SI):

$$G = \frac{\sigma}{d} S \qquad\qquad C = \frac{\varepsilon_0}{d} S \tag{3}$$

Нетрудно заметить, что отношение емкости к абсолютной диэлектрической проницаемости среды равно отношению полной проводимости к удельной с точностью до постоянного коэффициента, зависящего от выбора систем единиц.

Действительно, $\frac{G}{\sigma} = \frac{S}{d}$ и $\frac{C}{\varepsilon_0} = \frac{S}{d}$, откуда имеем $k = \frac{G}{\sigma} = \frac{C}{\varepsilon_0}$. (4)

Следовательно, в основе метода ЭГДА лежит аналогия между распределением линий смещения электрического поля в диэлектрике и линий тока в проводящей среде.

Впервые метод аналогий был применен ученым Г. Кирхгофом для исследования поля плоского конденсатора на электрической модели из фольги. При этом использовались источники низкого напряжения и чувствительные гальванометры для измерения разности потенциалов точек поля. Лучше всего для этих целей подходят зеркальные гальванометры.

По-видимому, самым простым средством для электромоделирования плоского поля может служить электропроводная бумага, предложенная П.Ф. Фильчаковым. Методика применения метода ЭГДА с помощью электропроводной бумаги для лекционных демонстраций было разработана Г.А. Рязановым [3]. Как показал педагогический эксперимент, электродинамические аналогии, реализованные с помощью электропроводной бумаги, ванны с электролитом, либо влажной бумаги наглядно раскрывают сущность многих понятий электростатики и электродинамики и обеспечивают их усвоение. Поэтому электрическое моделирование может с успехом применяться в учебных целях.

Проанализируем возможности этого метода обучения физике на примерах его применения в лабораторных работах по основам электродинамики. С помощью электрического моделирования можно поставить многие лабораторные работы: изучение электростатического поля плоского конденсатора, знакомство с теоремой Гаусса, изучение стационарного электрического поля электронных ламп, изучение принципа действия электронных фокусирующих систем, изучение стационарного электрического поля проводника с током и др.

В качестве примера рассмотрим, каким образом можно проводить изучение электростатического поля плоского конденсатора методом моделирования. Для этой цели используются такие приборы и принадлежности: измерительная установка с двумя плоскими электродами, источник тока, нуль-гальванометр, зонд.

Вокруг заряженного тела существует электростатическое поле. В этом поле на внесенный в него пробный заряд q действует электрическая кулоновская сила

$$F = q\,E \tag{5}$$

Полем называется форма материи, которая осуществляет электрическое взаимодействие между заряженными телами или частицами. Электростатическое поле является частным случаем электрического поля.

Электрическое поле характеризуется в каждой точке двумя величинам: силовой – вектором электрической напряженности $\boldsymbol{E}$ и энергетической – скалярной величиной φ, называемой потенциалом. Напряженностью точки электрического поля называется векторная величина, числено равная силе $\boldsymbol{F}$, действующей со стороны поля на единичный положительный заряд q, помещенный в данную точку поля, и сонаправленная с этой силой:

$$\boldsymbol{E} = \frac{\boldsymbol{F}}{q} \tag{6}$$

Силовой линией электрического поля (линией напряженности) называется линия, касательная к каждой точке которой совпадает по направлению с векторами напряженностей этих точек поля. Линии напряженности электрического поля не замыкаются на себя: они выходят из положительных зарядов и входят в отрицательные заряды (или заканчиваются в бесконечности).

Потенциалом электрического поля в данной точке называется скалярная величина, равняя потенциальной энергии W единичного положительно заряда, помещенного в эту точку поля:

$$\varphi = \frac{W}{q} \tag{7}$$

Геометрическое место точек электрического поля одинакового потенциала называется эквипотенциальной поверхностью (на плоскости – эквипотенциальными линиями).

Вектор напряженности данной точки электрического поля нормален к эквипотенциальной поверхности, проходящей через эту точку. Потенциал и напряженность электрического поля связаны соотношением

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x}, \qquad (8)$$

т.е. напряженность численно равно изменению потенциала $\Delta\varphi$ на единицу длины Δx, отсчитанной в направлении, перпендикулярном поверхности. Напряженность направлена в сторону убывания потенциала.

Таким образом, измерив, потенциал точек электростатического поля электрометром, можно построить графически картину эквипотенциальных и ортогональных им линий напряженности. Такое графическое изображение поля получило название модели электростатического поля.

Изучение модели поля позволяет сделать целый ряд выводов, справедливых и для электрического поля.

Изучение электростатического поля таким методом представляет ряд экспериментальных трудностей, связанных с применением сложных приборов (ламповых вольтметров, пламенных зондов и др.). Поэтому часто электростатическое поле системы заряженных тел заменяют стационарным электрическим полем, в котором происходит непрерывное перемещение зарядов среды, окружающей проводники, имеющих форму тел, электростатическое поле которых изучается.

Такой метод замены электростатического поля эквивалентным по конфигурации стационарным электрическим полем называется моделированием методом ЭГДА.

Он основан на аналогии формул: $q = C\cdot\Delta\varphi$ и $I = \frac{1}{R}Д\varphi$. Здесь: q – заряд конденсатора; $\Delta\varphi$ – разность потенциалов пластин конденсатора; I – сила тока; R – электрическое сопротивление среды; $\Delta\varphi$ – разность потенциалов двух точек среды.

Электрический ток в проводнике обусловлен движением свободных заряженных частиц. Это движение характеризуется линиями плотности тока, касательная к которым в каждой точке совпадает с вектором плотности тока $|\boldsymbol{j}| = \frac{I}{S}$. По закону Ома плотность тока пропорциональна напряженности поля, т.е.

$$\boldsymbol{j} = \sigma\boldsymbol{E}. \qquad (9)$$

Поэтому линии тока являются аналогами линий напряженности стационарного электрического поля.

Основная часть измерительной установки представляет собой прямоугольное плато из листа изолятора (рис. 1). Вблизи краев листа симметрично вмонтированы две клеммы $К_1$ и $К_2$. К ним снизу подключаются полюса источника ЭДС ξ, а сверху зажимаются электроды А и В, удерживающие влажную фильтровальную бумагу.

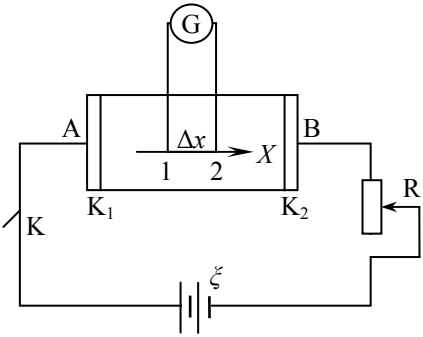


Рис. 1.

Имеются также два зонда 1 и 2 и нуль-гальванометр. Выполнение работы сводится, во-первых, к изучению падения потенциалов между электродами вдоль силовой линии. Для этого проводим карандашом на бумаге ось X.

Присоединив зонды к клеммам гальванометра, помещаем острие одного из них вблизи электрода, но, не касаясь его, а острие другого зонда помещаем на расстоянии 1-2 см от первой точки вдоль оси X. Затем острие первого зонда переносим во вторую точку, а острие второго зонда дальше по силовой линии до тех под, пока гальванометр не покажет прежний ток и т.д. Измеряем расстояние Δx между последовательными точками на оси X.

Результаты изменения и данные прибора заносим в таблицу:

№ п/п	Форма электрода	Показания гальванометра, n	Расстояние между точками на оси X, Δx	Цена деления, C_i	Сопротивление гальванометра, R_g	Разность потенциалов, $\Delta\varphi$

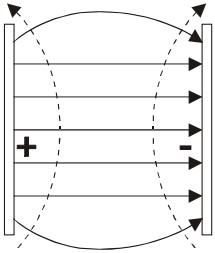


Рис. 2.

Во-вторых, следует отыскать эквипотенциальные линии. Для этого острие одного из зондов надо установить на оси X в первой точке, а острие второго зонда перемещать выше или ниже оси X влево или вправо от перпендикуляра, восстановленного из точки 1 до тех пор, пока стрелка гальванометра не перестанет отклоняться от деления, соответствующего потенциалу данной точки. Найденные точки одинакового потенциала отметьте карандашом и соедините их плавной линией. Таким же образом найдите точки для эквипотенциалей, проходящих через отмеченные на оси X точки. Ортогонально эквипотенциальным линиям постройте линии напряженности. Для плоских электродов картина электрического поля должна получиться примерно такая же, как и изображенная на рис. 2.

Для углубленного изучения физики можно рекомендовать лабораторную работу по проверке теоремы Гаусса-Остроградского методом моделирования.

Лабораторной работе следует предпослать такое теоретическое введение. В начале даются определения электростатического поля и напряженности поля. Затем приводятся формулы закона Кулона и напряженности поля

точечного заряда:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}; \qquad E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\frac{q}{R^2} \tag{10}$$

Указывается так же, что эти выражения (10) справедливы только для точечных зарядов. В случае протяженных электрически заряженных частиц, например, равномерно распределенных по поверхности, для характеристики электростатического поля вводится новая величина – поток напряженности *N*. Эта величина равна произведению проекции вектора напряженности на направление нормали к данной поверхности на величину площади поверхности:

$$N = E_n S \cos\alpha \tag{11}$$

где: α – угол между нормалью ***n*** и вектором напряженности ***E*** (рис. 3).

В *SI* поток напряженности электрического поля имеет размерность *В·м.*

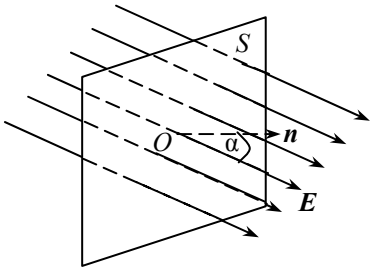


Рис. 3.

Поток напряженности в неявном виде имеется в формуле напряженности электростатического поля. Площадь сферической поверхности:

$S = 4\pi R^2$, а $N = E_n S$. Значит,

$$N = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}, \tag{12}$$

т.е. поток напряженности, проходящий сквозь замкнутую сферическую поверхность, охватывающую заряд, пропорционален величине заряда. Этот закон носит название теоремы Гаусса-Остроградского. Как показывают строгие рассуждения, эта теорема справедлива для любой замкнутой поверхности.

Проверка теоремы Гаусса-Остроградского для электростатического поля затруднительна. С помощью метода моделирования это можно сделать сравнительно просто. Ограничимся случаем плоского поля. Тогда замкнутая поверхность заменяется замкнутым контуром, и теорема Гаусса-Остроградского записывается так:

$$E_n \cdot \Delta l = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}, \tag{13}$$

где Δl – элемент контура.

Проверка этого равенства составляет содержание данной лабораторной работы. Для чего можно использовать электролитическую ванну, в которой с помощью постоянного тока создается стационарное поле тока (рис. 4).

В сосуд опускают два электрода, на которые подают напряжение от аккумулятора.

Роль замкнутого контура, через который проходит электрический поток, играет абрис фигуры произвольной формы, вырезанной из диэлектрика. Фигура кладется на дно ванны. Напряженность электрического поля находится по формуле $E = \frac{U_2 - U_1}{\Delta l}$, где U_2 – U_1 – разность потенциалов двух точек поля; Δl – расстояние между ними.

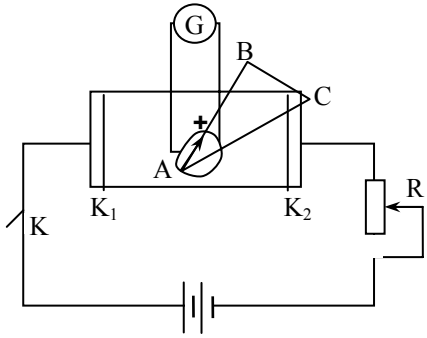


Рис. 4.

Направления вектора напряженности определяется так. Если стрелка микроамперметра отклоняется вправо, то E положительна, если влево – отрицательна. В таком случае следует сменить направление зонда на противоположное. Погружая щупы в электролит, по показаниям микроамперметра измеряют величину проекции напряженности эклектического поля в заданном направлении, указанном стрелкой на вилке. Проекция вектора напряженности измеряется в условных единицах. Произведя измерение по замкнутому контуру, можно установить, что сумма $\sum_{i-1}^{n} E\, l_i \Delta l_i$ не изменяется. В данной лабораторной работе можно также показать, что электростатическое поле носит потенциальный характер. Как известно, поле является потенциальным, если циркуляция вектора напряженности по замкнутому контуру равна нулю, т.е.

$$\oint E_l dl = \int_1^2 E_l dl + \int_2^1 E_l dl = 0$$

или приближенно

$$\sum_{i=1}^{n} E_l \, \Delta l_i + \sum_{k=1}^{m} E_l \, \Delta l_k = 0 \qquad (14)$$

Для экспериментальной проверки этого равенства нужно найти поток напряженности сквозь одну из сторон треугольника и через две другие стороны. Они должны быть равны с точностью до знака.

При изучении постоянного электрического тока необходимо больше внимания уделять формированию понятия стационарного эклектического поля.

Лабораторную работу можно выполнить на установке по рис. 1. Из гетинакса изготавливают плато размером (200х300 мм). По краям плато сверлят по два отверстия и крепят контакты из меди. Контакты делают различной формы, в зависимости от исследуемой задачи. Источником питания служит выпрямитель любого типа. При использовании наушников источником тока может служить звуковой генератор. В качестве потенциометра применяют высокоомный реостат. Для выполнения работы нужен зонд. Им

могут служить штекеры от тестера (авометра), цанговые карандаши или две шариковые ручки.

Выполнение лабораторной работы сводится к нахождении точек поля с одинаковыми потенциалами и построению эквипотенциальных линий и ортогональных к ним линий напряженности.

Точки равного потенциала находят двумя зондами. Помещают один щуп в первую точку, а вторым описываю вокруг первой точки окружности до тех пор, пока стрелка гальванометра не остановится на нуле. Через точки 1-2 проводят изопотенциальную линию. Повторяют измерения для других точек. Второй зонд ведут, прижимая к бумаге, по изопотенциале, при этом стрелка гальванометра (вольтметра) должна стоять на определенном делении. После нахождения эквипотенциалей, вынимают лист бумаги и достраивают на нем ортогональные линии напряженности.

Сравнивая картину электростатического и стационарного полей, студенты смогут установить их сходство и различия. Оба поля носят потенциальный характер. Распределение зарядов в них с течением времени не меняется.

Существенными отличиями этих полей является то, что в электростатическом поле заряды неподвижны во всех точках поля, в то время, как в стационарном поле сами заряды непрерывно меняются: одни подходят к поверхности проводника, другие уходят. Кроме того, если в электростатическом поле тангенциальные составляющие внутри поля равны нулю, то в стационарном поле они отличаются от нуля.

Вне проводника напряженность электростатического поля направлена по нормали к поверхности, напряженность же стационарного поля направлена под углом к поверхности.

Потенциалы любых двух точек заряженного проводника одинаковы (весь объем заряженного проводника эквипотенциален), потенциалы двух точек стационарного поля не равны друг другу, это и обуславливает существование постоянного тока в проводнике.

Кроме того, электростатическое поле не сопровождается магнитным полем, в то время как стационарное электрическое поле тока сопровождается магнитным полем.

Имеются и существенные энергетические отличия. Энергия электростатического поля не меняется с течением времени. При протекании же электрического тока совершается работа, следовательно, необходимо непрерывное пополнение энергии, которое осуществляется за счет источника ЭДС.

В заключение следует указать, что выполнение лабораторных работ на основе метода моделирования позволяет решить и другую задачу – ознакомить студентов с одним из распространенных методов научного исследования. Кроме того, ознакомление с математическим моделированием способствует развитию мышления студентов в связи с тем, что они приучаются

делать умозаключения по аналогии. Обращая внимание студентов не только на сходные черты объектов и явлений, но и на существенное их различие, применяя аналогии и моделирование, преподаватель может добиться значительного положительного эффекта.

Литература:

1. Веников В.А. Теория подобия и моделирование. – М.: Высшая школа, 1966.
2. Калапуша Л.Р. Моделювання у викладанні фізики в школі. – К.: Радянська школа, 1968.
3. Попкович В.В. Модели в курсе физики средней школы. Автореферат кандидатской диссертации. – К., 1970.
4. Рязанов Г.А. Опыты и моделирование при изучении электромагнитного поля. – М.: Наука, 1966.
5. Солодухин Н.А. Моделирование как метод обучения физике в средней школе. Автореферат кандидатской диссертации. – М.: 1971.
6. Тетельбаум И.М. Электрическое моделирование. – М.: Физматизд, 1959.

Розділ II

Дидактика фізики вищої школи

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В СИСТЕМЕ ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ

Б.В. Пучков, Т.Г. Копейкина
г. Одесса, Одесский национальный морской университет
kopeykina59@mail.ru

Довузовская подготовка абитуриентов и будущих выпускников школ является важной компонентой работы практически всех высших учебных заведений. Многие студенты начинали свой путь к высшему образованию с подготовительных отделений, факультетов и кафедр довузовской подготовки. Имея некоторые организационные различия, такие подразделения ставят перед собой общие цели: помочь абитуриентам как можно лучше подготовиться к вступительным испытаниям, адаптироваться к условиям обучения в вузе, а также помочь с выбором будущей специальности. Эти вопросы система довузовской подготовки решает путем углубления, закрепления и усовершенствования знаний по предметам вступительных экзаменов.

Вопрос подготовки специалистов инженерно-технического профиля всегда остро стоял в нашей стране. Не потерял своей актуальности он и сейчас. Не секрет, что сейчас юноши и девушки отдают предпочтение престижным на их взгляд юридическим и экономическим специальностям, несмотря на переизбыток на рынке труда представителей этих профессий. Вместе с тем такой выбор зачастую продиктован боязнью перед вступительными испытаниями по таким предметам, как математика и физика, нежеланием изучать физику и технические дисциплины в дальнейшем. Поэтому своими взглядами на некоторые вопросы преподавания физики в системе довузовской подготовки хотят поделиться авторы данной статьи.

Одесский национальный морской университет проводит подготовку специалистов как по инженерным, так и по так называемым «нетехническим» направлениям (экономика предприятий, менеджмент организаций, организация перевозок и управления на транспорте). Тем не менее для большинства студентов нетехнических специальностей читаются курсы лекций по физике и общетехническим дисциплинам, поэтому занятия по физике занимают значительное место в системе довузовской подготовки ОНМУ.

Физика – научная основа техники. Поэтому физике как учебному предмету принадлежит ведущая роль в политехническом обучении – подготовке специалистов для промышленности, авиации, морского флота, военных специалистов. Однако наблюдаемое упрощение порядка вступительных экзаменов привело к тому, что на специальности, где физика, казалось бы, обязательна, абитуриенты часто сдают ее по выбору, предпочитая сдать вступительный экзамен по математике.

В текущем учебном году перед выпускниками и учителями школ, приемными комиссиями вузов стоит новая задача – проведение выпускных и

вступительных испытаний путем обязательного внешнего тестирования. Подготовка будущих абитуриентов к внешнему тестированию, в том числе по физике, стала на сегодняшний день одной из основных задач системы довузовской подготовки как ОНМУ так и других вузов Украины.

Тестирование как метод контроля знаний применяется в средних и высших учебных заведениях довольно давно. Разработано много форм проведения такого контроля. Это и контроль с применением машин, и письменное тестирование. Отношение к такого рода контролю у преподавателей неоднозначное. С одной стороны, это возможность проверить знания довольно большого числа обучаемых за ограниченное время, с другой стороны, возможен элемент бездумного угадывания в той части задания, где предлагается из ряда приведенных ответов выбрать правильный. Некоторые слушатели на вопрос, почему был выбран именно такой ответ, отвечают, например, потому, что он был под литерой А. И хотя это только часть экзаменационных заданий, выбор должен быть основан, прежде всего, на твердых знаниях.

У тех, кто приходит заниматься на курсы или отделения довузовской подготовки, физика часто вызывает неосознанный и необоснованный страх. С другой стороны, нельзя не отметить определенной специфики этого красивого и важного предмета. Физику, вероятно, следует рассматривать как комплексный предмет. Действительно, в физике требуются знания математики, логики. Как и в школе, техникуме, любом другом учебном заведении инженерно-технического профиля, на занятиях по физике системы довузовской подготовки Одесского национального морского университета большое внимание уделяется изложению теоретического материала. Учитывается специфика контингента – это в основном учащиеся выпускных классов, по сути, дети. Зачастую им тяжело в силу своего возраста высидеть «пару» – академическое время занятия высшего учебного заведения. Поэтому материал излагается в доступной и лаконичной форме, дополняя и систематизируя школьные знания. Часто слушатели курсов задают вопрос «Зачем сейчас нужна физика, если я буду сдавать математику?». Задача довузовской подготовки состоит не только в том, чтобы подготовить молодого человека к вступительным экзаменам или тестированию, но и к дальнейшему обучению в институте. К сожалению, некоторым студентам, прошедшим экзамены и конкурсный отбор, поступившим в институт, приходится его покидать, поскольку пробелы в школьных знаниях физики существенно затрудняют обучение в вузе.

Преподаватели системы довузовской подготовки, как правило, имеют за плечами огромный опыт работы в вузах, знают структуру общетехнических и общеинженерных дисциплин. Несмотря на ограниченность учебного времени, они всегда готовы немного расширить рамки школьной программы, показать, знание какого раздела физики особенно важно при изучении той или иной технической дисциплины. Например, работая над темой «Ме-

ханические свойства твердых тел», полезно отметить, что эти знания пригодятся при изучении сопротивления материалов, прорабатывая законы термодинамики и цикл Карно, закладываем основу для изучения теории тепловых двигателей и технической термодинамики, повторяя и разбирая вопрос равномерного движения по окружности, приобретаем навыки кинематических расчетов. Это приносит очень хорошие плоды. По словам некоторых бывших слушателей курсов довузовской подготовки, а ныне студентов, именно занятия на курсах и сохранившиеся конспекты существенно помогли справиться с первой сессией.

Задания внешнего тестирования – это, прежде всего, задачи по физике разного уровня сложности, которые очень разнообразны. Практика показывает, что даже решения типовых задач вызывает трудности у обучаемых. Справиться с этим позволит только хорошее знание материала. Не менее очевидно и обратное – если слушатель легко решает задачи, то он хорошо знает материал. Поэтому нужно решать как можно больше задач.

Преподаватели физики факультета довузовской подготовки ОНМУ уделяют решению задач очень большое внимание. Для слушателей помимо задач, решаемых непосредственно на занятиях, разработана система контрольных и самостоятельных работ, тестовых заданий, самостоятельных семестровых заданий, типовых расчетов. Эти задания выполнены по форме заданий внешнего тестирования, что позволяет не только приобрести необходимые навыки при решении задач, но и научиться правильно заполнять бланк ответов.

Учитывая, что контингент слушателей курсов довузовской подготовки в большинстве своем школьники, ученики выпускных классов, очень важно поддерживать связь со школами, школьными учителями физики. При таком сотрудничестве легче понять, на что нужно больше обратить внимание, какую тему курса физики школьники усвоили лучше, а какой материал вызывает затруднения, учесть пожелания и рекомендации школьных учителей. Такая работа активно ведется на факультете довузовской подготовки ОНМУ. С рядом школ заключаются договора, создаются специальные группы, в которые входят преимущественно учащиеся одной школы. При такой форме работы очень удобно проводить занятия, появляется возможность проведения дополнительных занятий, консультаций, бесед с родителями и учителями, а также участия в школьных мероприятиях.

Хотелось бы отметить еще один очень важный элемент учебного процесса – организацию самостоятельной работы слушателей. Не секрет, что ни одни самые лучшие подготовительные курсы, ни один даже очень квалифицированный репетитор не смогут добиться результатов, если их ученики не будут работать самостоятельно. Под самостоятельной работой можно понимать деятельность обучаемого как по заданию так и собственному желанию, направленная на закрепление, расширение и углубление получаемых знаний, умений и навыков, а также на усвоение нового материала без посто-

ронней помощи. В рамках системы довузовской подготовки это может быть не только традиционные домашние задания, но и самостоятельные решения задач по данной теме прямо на занятиях, выполнение контрольных работ и семестровых заданий, а также организация работы слушателей заочной формы обучения.

Одним из видов работы системы довузовской подготовки ОНМУ является работа со слушателями-иностранцами. Проведение занятий с этим контингентом имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать работающему с ним преподавателю. Это и разный уровень подготовки, разный уровень знания языка, на котором ведется преподавание, национальные, религиозные, психологические особенности и отличия слушателей-иностранцев. Хорошее подспорье в такой работе – создание специальных адаптированных пособий, задачников, методических указаний.

Результаты вступительных экзаменов прошлых лет разных категорий абитуриентов, поступающих в вузы, показывают, что системы довузовской подготовки дают возможность молодым людям – выпускникам школ, абитуриентам хорошо подготовиться и успешно пройти вступительные испытания, а также получить прочные знания, необходимые для дальнейшего обучения по выбранной специальности.

Введение обязательного внешнего тестирования сегодняшних выпускников школ, а также выпускников школ прошлых лет, в свою очередь повышает роль систем довузовской подготовки молодежи в настоящее время. Она позволяет повторить учебный материал школьных программ, в том числе по физике, который изучался в школе три-четыре года назад. В выпускном классе школы по вполне понятным причинам трудно организовать такую подготовку. Довузовская подготовка позволяет ликвидировать некоторые пробелы при изучении физики, более углубленно рассмотреть темы, необходимые при подготовке по выбранной специальности в данном вузе, а также подготовить будущих студентов-первокурсников к сдаче очень важной для них первой экзаменационной сессии.

Литература:

1. Усова А.В., Завьялов В.В. Воспитание учащихся в процессе обучения физике. – М.: Просвещение, 1984. – 143с .
2. Ланина И.Я. Формирование познавательных интересов учащихся на уроках физики. – М.: Просвещение, 1985. – 125 с.
3. Пучков Б.В., Копєйкіна Т.Г. Методика викладання загальноінженерних дисциплін іноземним студентам військових та цивільних ВНЗ // Наука і освіта. – 2002. – №2. – С. 109–111.
4. Кнорр Н.В., Кисла І.І. Тестування. Фізика. – Вип.2 – К.: Майстер-клас, 2007. – 160 с. (ГДІ, або готуйся до іспитів)

ТЕСТЫ, МЕТОДИКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ, ПРИМЕРЫ И ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

М.В. Варминский, Д.А. Воронович, А.А. Таран, Н.И. Глущенко,
О.И. Петрова, П.А. Комозынский
г. Харьков, Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»
kaf505@xai.edu.ua

Сущность современной системы образования в высшей школе состоит в определении путей:

- усиления роли самостоятельной работы студентов;
- углубления введения новейших педагогических технологий в обучение;
- обеспечения возможности обучения студента по индивидуальным учебным программам;
- улучшения мотивации участников учебного процесса на достижение высокого уровня подготовки;
- предоставления возможности студенту получить квалификацию в соответствии с его потребностями и требованиями рынка труда.

Для достижения целей обучения необходимо, в первую очередь, студенту участвовать в формировании индивидуального плана учебы, повышении его ответственности за результаты обучения, самоорганизации собственного образования.

Основной формой учебной деятельности студентов является самостоятельная работа по изучению теоретического материала, изложенного на лекциях и в рекомендованных учебниках, способствующего пониманию основных законов и сути физических явлений для успешного решения практических задач.

Изучение физики формирует у студентов представления о наиболее важных принципах и фундаментальных законах, определяющих строение и формы движения материи.

Для оценивания знаний, умений и навыков студентов необходимо проводить систематический контроль. Только подготовленный соответствующим образом набор заданий позволяет объективно оценить уровень подготовки студента. Одним из таких средств объективного контроля является метод тестирования [1; 2]. Оцениванию подлежат:

- уровень овладения теоретическими знаниями по результатам тестирования;
- уровень умения использовать теоретические знания для анализа изучаемых явлений и процессов, а также при решении задач разного уровня.

Предметом оценивания является знание студентом основных физиче-

ских законов, теории и практики, а также уровень их физического мышления.

На кафедре физики Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт» разработано учебное пособие [3], которое включает в себя не только тестовые вопросы, но и методики решения задач, примеры их решения и задачи, предназначенные для оперативного оценивания знаний и умений по результатам тестирования.

Пособие состоит из 4 модулей: 1. Механика; 2. Термодинамика и молекулярная физика; 3. Электричество и магнетизм; 4. Волновая оптика и квантовая механика. Каждый модуль включает в себя материал с учетом основных требований программы курса физики для технических вузов.

Тестовые задания сформулированы таким образом, что позволяют оценить:

- знание физических явлений и законов, которые их описывают, а также единиц измерения физических величин;
- умение применения графического метода решения задач.

Особенностью пособия является наличие в конце каждого раздела задач и соответствующей методики их решения, что способствует не только усвоению знаний, но и приобретению навыков в самостоятельном решении задач. При этом не ставилась задача выработать некую единую методику решения задач или перечень методических рекомендаций, пригодных для решения любой задачи. Предложенные в учебном пособии методики или методические рекомендации разрабатывались конкретно к каждому разделу курса физики, а задачи подбирались с учетом того, что наиболее полно отвечают данным рекомендациям. Это поможет студентам быстрее разобраться в решении задач, если следовать предложенным методикам.

Рассмотрим пример использования методических рекомендаций при решении задачи 4.219 из раздела «Физика атомов и твердого тела».

Задача 4.219: Частица, движущаяся в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме, находится в основном состоянии (т. е. с наименьшей энергией W_1). Вычислить вероятность p того, что координата частицы имеет значение, заключенное в пределах от kL до $(1-k)L$, где L – ширина ямы, k=0,25.

Дано: n=1; $kL < x < (1-k)L$.

Найти: p – ?

Решение. Используем методику решения задачи приведенной в примере 5. Вероятность dp пребывания частицы в интервале dx выразим через плотность вероятности $|\Psi(x)|^2$ с помощью формулы (**4.15.7**), которая для данного случая одномерной задачи примет вид

$$dp = |\Psi(x)|^2 dx. \qquad (1)$$

Отсюда вероятность пребывания частицы в области $kL < x < (1-k)L$ выразим интегралом

$$p = \int_{kL}^{(1-k)L} |\Psi|^2 dx \,. \qquad (2)$$

Частица находится в бесконечно глубокой потенциальной яме, поэтому, положив n = 1, воспользуемся формулой (**4.15.9**) для определения собственной волновой функции:

$$\Psi_1(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\frac{\pi x}{L} \,. \qquad (3)$$

Подставив значение $\Psi_1(x)$ в формулу (1), найдем

$$p = \frac{2}{L} \int_{kL}^{(1-k)L} \sin^2 \frac{\pi x}{L} dx \,.$$

Используя тригонометрическое соотношение $\sin^2\alpha = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha)$, вычислим интеграл

$$p = \frac{1}{L}\left[\int_{kL}^{(1-k)L} dx - \int_{kL}^{(1-k)L} \cos\frac{2\pi}{L} dx\right] = \frac{1}{L}\left[x\Big|_{kL}^{(1-k)L} - \frac{L}{2\pi}\sin\left(\frac{2\pi}{L}x\right)\Big|_{kL}^{(1-k)L}\right] =$$

$$= 1 - 2k + \frac{1}{\pi}\sin 2\pi k.$$

После подстановки k = 0,25, получаем p = 0,82.

Ответ: p = 0,82.

Рассмотренный пример показывает обоснованность методики решения предложенных в пособии задач.

Таким образом, пособие включает в себя не только тестовые задания для контроля знаний и умений, но задачи и методики их решения, которые указывают систему действий для самостоятельной работы. Поэтому пособие представляет особый интерес для студентов заочного обучения, для которых приведены задания вариантов контрольных работ. Кроме того, оно может быть полезно студентам с дневной формой обучения при подготовке к различным видам контроля, а также преподавателям для составления тестовых билетов. Благодаря наличию вопросов по всем разделам курса физики и типовых задач можно составлять билеты различной сложности в зависимости от целей и глубины предъявляемых требований в каждом виде контроля (коллоквиума, экзамена).

Модульный контроль должен включать такое количество тестовых заданий, которое достаточно для обеспечения соответствующей точности метода тестирования, т.е. должна выдерживаться определенная длина теста. Для обеспечения точности, при которой недостоверность тестирования не превышает 5%, длина теста должна составлять от 380 до 420 тестовых заданий, для недостоверности в 10% – от 80 до 120 и для недостоверности в 20%

– от 25 до 30 тестовых заданий. Как показывает опыт, по ряду объективных и субъективных причин наиболее приемлемым является модульный контроль, содержащий 20-25 тестовых заданий, включая две-три задачи, что снижает недостоверность тестирования до минимума [4].

Модульный контроль является неотъемлемой частью кредитно-модульной системы организации учебного процесса, который обеспечивает полное, оперативное оценивание знаний в соответствии с требованиями программ курса физики. Поэтому разработка подобных тестовых обучающих продуктов отвечает реальным требованиям развития процесса обучения.

Опыт работы на кафедре физики показывает, что использование данного пособия для тестирования студентов позволяет объективно оценить знания, умения и навыки студентов.

Литература:

1. Наказ МОН України №161 від 2.06.93 «Про затвердження Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах».
2. Наказ МОН України № 285 від 31.07.98 «Про порядок розробки складових нормативного та навчально-методичного забезпечення підготовки фахівців з вищою освітою».
3. Физика. Тесты, примеры и методика решения задач. – Учебное пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. - 203 с.
4. Варминский М.В., Воронович Д.А., Глущенко Н.И., Таран А.А. Компьютерное тестирование при переходе на модульно-кредитную и модульно-рейтинговую системы обучения в технических вузах // Тези доповіді науково-методичної конференції «Впровадження нових інформаційних технологій навчання». – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т ім. М.Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2004. – С. 40-43.

ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ РЕЙТИНГОВОЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ

А.В. Возняк
м. Донецьк, Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені М. Туган-Барановського

Головною умовою успішної діяльності ВНЗ є виконання викладачем основної функції – бути стимулюючим початком в розвитку особистості кожного студента. Його цільова установка – забезпечення мотивованого управління освітою студента. Формування такого психолого-педагогічного механізму стимулювання, що забезпечує ефективну та результативну діяльність всіх студентів – першочергове завдання.

ВНЗ орієнтує викладача на творчий підхід в навчанні, вибір найбільш ефективних в даних конкретних умовах форм, методів, прийомів та засобів навчання; на те щоб вчити всіх і вчити на заняттях.

Однак, створення таких умов, за яких робота студента на заняттях та вдома з вивчення курсу фізики стає самовизначеним стимулом, відноситься до найбільш гострої проблеми теорії та практики управління розвитком особистості.

Тому одним з важливих аспектів процесу навчання, який в значній мірі визначає якість всього начально-виховного процесу, є перевірка і оцінка знань умінь та навичок студентів. Перевірка знань, умінь та навичок студентів є важливою ланкою навчального процесу, від правильної постановки якої багато в чому залежить успіх навчання. Оцінка знань, як і їх перевірка, має велике виховне значення. Правильно використовуючи оцінку, викладач має можливість постійно збуджувати студента до вдосконалення знань та навичок, до розвитку критичності мислення, до формування правильних оціночних суджень та до самооцінки своєї праці. Оцінка – виключно складний педагогічний інструмент багатобічного значення. Вона виступає перш за все як оцінка досягнень в навчанні, потім як міра стимулювання студента в його роботі і як оцінка його відношення до навчання. Вона визначає „місце” студента в колективі. Виставлення оцінки вимагає від викладача майстерності педагогічного впливу і користуватися цим інструментом необхідно грамотно і об’єктивно.

Об’єктивність оцінки знань та навичок залежить від багатьох факторів:

- вимог, які висуває викладач до знань та умінь студентів;
- загальної підготовки студентів групи;
- методів та засобів виявлення знань та умінь;
- систематичності проведення перевірок;
- самостійності виконання завдань, які підлягають оцінюванню;
- повноти охоплення перевіркою основного навчального матеріалу;
- розробленості критеріїв та норм оцінювання;
- грамотного використання загальновизнаних норм оцінок.

Під час вибору форм та методів перевірки знань, а також при розробці норм оцінювання велике значення має рішення питань про те, що слід перевіряти і на що при цьому необхідно звернути особливу увагу.

Щоб відповісти на ці питання, необхідно виходити з цілей, поставлених перед викладачем фізики, до яких, перш за все відносяться:

– вивчення найважливіших фізичних явищ, понять, законів, теорій;

– ознайомлення з методами і досягненнями науки фізики;

– ознайомлення з застосуваннями основних досягнень фізики в народному господарстві, техніці та побуті.

Сучасний курс фізики будується на основі чотирьох фундаментальних теорій: класичної механіки, молекулярно-кінетичної теорії, електродинаміки з елементами спеціальної теорії відносності та елементів квантової фізики. Кожна фундаментальна теорія містить наступні компоненти: дослідні факти, основні фізичні поняття, ідеалізовані об'єкти (моделі) і фізичні явища, закони і закономірності, теоретичні висновки, найважливіші фізичні експерименти. Важливою складовою частиною висновків є практичне застосування теорії в промисловості, сільському господарстві та в побуті.

Перевірка і оцінка знань умінь та навичок дозволяє встановити переваги та недоліки в знаннях та уміннях студентів та на їх основі керувати учбовим процесом, удосконалюючи методи та види роботи викладача та студента.

З 2005 року на практичних та лабораторних заняттях з фізики застосовується модульно-рейтингова оцінка знань, яка виявилась дієвою з'єднуючою ланкою між студентом та викладачем на кожному занятті; стала новим стимулом, який різко підвищує мотивацію навчання, сприяла формуванню внутрішнього настрою на цілеспрямовану діяльність студентів.

Модульно-рейтингова оцінка знань характеризується тим, що різним умовам отримання знань повинні відповідати адекватні форми контролю, при цьому кожна форма контролю повинна мати свій певний ваговий коефіцієнт.

В залежності від мети перевірки та місця її в навчальному процесі, від методів та засобів, за допомогою яких проводиться перевірка, модульно-рейтингова система активізувала різні функції: *орієнтуючу*, *діагностуючу*, *навчальну*, *виховальну*, *розвиваючу* та *контролюючу*.

Орієнтуюча функція перевірки полягає в тому, що її результати дають можливість викладачу направити діяльність студентів на подолання прогалин та недоліків в їх знаннях і на подальше просунення в засвоєнні програмного матеріалу. Результати перевірки допомагають і викладачу і студенту побачити свої успіхи та недоліки в навчальній роботі. За допомогою перевірки перед вивченням нового матеріалу викладач виявляє знання та уміння студентів, які мають бути головними для розуміння та засвоєння нового матеріалу. Така перевірка також є орієнтуючою для викладача, так як дозволяє встановити достатність або недостатність знань студентів та ступінь

їх підготовленості до сприйняття нового матеріалу.

Основною ж функцією рейтингової оцінки під час вивчення нового матеріалу є *навчальна*, тому всі питання повинні бути спрямовані не стільки на перевірку, скільки на засвоєння, уточнення та закріплення головного, основного в матеріалі, що вивчається. Навчальна функція перевірки полягає в тому, що з допомогою перевірки іде навчання. Сам процес виконання перевірочних завдань також є навчальним, так як він або надає студенту нову інформацію з тексту завдань, або формує вміння самостійно вчитися, працювати з підручником та довідником. В навчальному процесі під час вивчення нового матеріалу викладач перевіряє частіше не стільки для контролю, скільки для навчання. Головне, що має з'ясуватися в цьому випадку – це розуміння нового матеріалу та ступінь його засвоєння.

Якщо перевірка дозволяє не тільки виявити знання або незнання, але й встановити причини добрих або слабких знань та вмінь, то в цьому випадку з'являється *діагностична* функція перевірки. Для підсилення діагностичного напрямку перевірки необхідно під час складання завдань виходити з основних причин переваг або недоліків в знаннях та уміннях студентів. Так як причин може бути багато (індивідуальні особливості студента, сформованість знань та умінь з попередніх тем, методи навчання, зміст навчання), то діагностичні завдання мають бути строго спрямовані на виявлення визначеної причини слабких знань та навичок.

В процесі виконання завдань студенти самостійно застосовують знання в зміненій та новій ситуації, роблять висновки, узагальнення, готують доповіді, виступають з узагальненнями доведеннями. Оскільки розвиток студентів залежить не тільки від обсягу знань, але і від сформованості інтелектуальних вмінь (умінь узагальнювати, робити висновки, аналізувати, синтезувати, абстрагувати та конкретизувати, іншими словами, умінь розпоряджатися фондом своїх знань), а будь-яка перевірка не тільки виявляє уміння розпоряджатися своїми знаннями, але в якійсь мірі формує ці уміння, то вона сприяє розвитку розумових здібностей студента.

Виховна функція перевірки полягає в тому, що вона є першим і найважливішим видом звітності студентів про свої навчальні успіхи. Під час рейтингового оцінювання ця функція проявляє себе на кожному занятті.

Крім загальних функцій, властивих будь-якій ланці учбового процесу, перевірка має і свою специфічну, властиву тільки їй, *контролюючу* функцію. Це одна з основних функцій перевірки, так як перевірка перш за все виявляє наявність або відсутність знань умінь та навичок, що є основою для управління навчальним процесом.

Рейтингова система оцінювання знань дозволяє не тільки об'єктивно контролювати знання уміння та навички студентів, але й дисциплінує їх до виконання домашніх завдань, виховує почуття відповідальності за роботу на заняттях та вдома, привчає до систематичної праці, допомагає формувати навички самостійної роботи з набуття знань умінь та навичок. Рейтингова

оцінка знань сприяє стимулюванню серйозного відношення студента до навчальної праці безпосередньо на заняттях. Студенти слухають та працюють на заняттях більш зосереджено, якщо вони знають, що кожен з них має заробити максимальний рейтинг з матеріалу, що вивчається.

Формування критеріїв оцінювання очікуваних результатів, вибір оптимальних прийомів реалізації модульного навчання сприяє більш ефективній реалізації загальних дидактичних цілей навчання, а саме реалізації:

- освітніх цілей, які містять *формування та розвиток* у студентів наукових знань та вмінь, необхідних та достатніх для розуміння явищ та процесів, які відбуваються в природі, техніці, побуті; *оволодіння мовою фізики* та *вміння* його використовувати для аналізу інформації; формування у студентів *уміння систематизувати* результати спостережень явищ природи і техніки, *робити узагальнення* і *оцінювати* межі їх застосування; *набуття практичних умінь* використовувати вимірювальні прилади та обладнання, як результат самостійного виконання певного кола досліджень; *формування* в свідомості студентів *природничонаукової картини світу*;
- виховних цілей, які містять *формування наукового світогляду та діалектичного мислення*; озброєння студентів реальним *методологічним підходом до пізнавальної та практичної діяльності*; *виховання екологічного мислення, працелюбства та наполегливості*.

Так як будь-яка перевірка може виконувати одночасно кілька функцій (одні в більшій мірі, інші – в меншій), то укласти чітку класифікацію перевірок за їх функціями доволі складно. В кожному конкретному випадку умовно можна виділити одну-дві головні функції, які визначаються ціллю, змістом та методами перевірки.

Основними методами перевірки знань та умінь студентів з фізики є усна, письмова, практична і графічна. Інколи останню включають в перші два методи (письмову та усну), і тоді виділяють три методи перевірки: письмову, усну і практичну.

Основними видами перевірки є поточна, тематична та підсумкова.

Інколи види перевірки визначаються не тільки за обсягом навчального матеріалу, що перевіряється, а й за кількістю студентів, що охоплюються (індивідуальна, групова, масова). Для викладача результати масових перевірок можуть вважатися орієнтиром у визначенні своїх досягнень. Якщо знання та уміння студентів за своїм рівнем такі ж, як і результати масової перевірки, то успіхи групи можна вважати середніми, якщо краще масових – високими, а якщо гірше, то низькими.

Таким чином, перевірка знань, умінь та навичок студентів є важливою ланкою навчального процесу, від правильної постановки якого багато в чому залежить успіх навчання.

КОНЦЕПЦІЯ КОМП'ЮТЕРНОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ ІЗ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

А.Г. Бовтрук, С.М. Мєняйлов[α]
м. Київ, Національний авіаційний університет
[α] msm56@i.com.ua

Аналіз заходів контролю навчально-пізнавальної діяльності студентів із загальної фізики в умовах кредитно-модульної системи показує, що декларовані нові підходи часто ґрунтуються на старій методології, переважає традиційна схема контролю засвоєння навчального матеріалу через сприймання, запам'ятовування та формальне відтворення, не приділяється увага контролю логічності процесу пізнавальної діяльності студентів та його спрямованості на свідоме засвоєння матеріалу.

Сьогодні набули поширення комп'ютерні форми контролю знань студентів із загальної фізики, які потребують більшої формалізації та технологічності. Фізика менш формалізована за інші дисципліни, що зумовлює труднощі щодо контролю засвоєння студентами саме фізичного матеріалу. Застосування нових форм контролю без достатнього психолого-педагогічного обґрунтування часто стає причиною конфліктів і викликає незадоволення його результатами як у студентів, так і у викладачів. З огляду на це, дослідження проблеми контролю спрямовано на пошук шляхів гуманізації цього процесу [8], переведення його у площину продуктивної співпраці студентів і викладачів. Контроль має бути джерелом позитивної мотивації та підвищення якості фахової підготовки студентів [2]. Кращим результатом після вивчення курсу фізики була б здатність студента до повністю самостійного подальшого поглибленого вивчення фізики [1], і застосування комп'ютерних технологій для досягнення такої мети є перспективним напрямком досліджень [3].

Як стверджує Д.Б. Ельконін [10], ефективність навчально-пізнавальної діяльності залежить від сформованості функції зовнішнього контролю, яка вимагає критичного співставлення процесу такої діяльності та її результатів, кредитно-модульна система дає змогу контролювати послідовність та результативність навчального процесу [5; 9], а не тільки його наслідки.

Керування пізнавальною діяльністю студентів за допомогою комп'ютера запропоновано виконувати як поетапний контроль, такий принцип організації навчально-пізнавальної діяльності з фізики на основі рівневих завдань був запропонований А.М. Кухом [4]. Необхідною умовою ефективності навчального процесу є відповідність навчальних завдань наявним знанням студента із загальної фізики, для цього потрібно визначити його початковий рівень знань. Для успішного оволодіння фізичними законами та теоріями студент спершу має засвоїти значну кількість формального матеріалу (фізична термінологія, символи, одиниці вимірювання фізичних вели-

чин, напрямки векторних величин тощо). Перевірити та скоригувати всі ці знання у кожного студента в умовах обмеженої кількості навчальних годин є нереальним завданням для викладача. Вирішити таку проблему дає змогу комп'ютер, цьому були присвячені попередні роботи авторів [6; 7]. В умовах швидкої інформатизації всіх сфер життєдіяльності людини та комп'ютеризації навчального процесу такий напрям роботи виявився перспективним.

Доцільним є залучення до роботи по впровадженню комп'ютерних технологій кращих студентів, їх допомога та поради щодо використання комп'ютера дозволили знайти оптимальні шляхи вирішення ряду проблем. Така співпраця перетворює студента в рівноправного учасника навчального процесу (суб'єкт-суб'єктна взаємодія студента і викладача). У співпраці зі студентами створюються програми для навчання та контролю засвоєння навчального матеріалу із загальної фізики. Студенти мають свободу вибору форми, в якій подати завдання, вони можуть неупереджено вибирати ті способи подання матеріалу, які б могли зацікавити їхніх однолітків. Звісно, студентські розробки можуть бути неідеальними з методичного погляду, але позитивні наслідки залучення студентів до реальної діяльності набагато перевищують можливі недоліки. Завдання викладачів у такій роботі – не забувати про фізику й не перетворювати використання комп'ютера у формальну самоціль. Тільки аналіз результатів використання розроблених програм дозволить з'ясувати які з них будуть дієвим помічником у розвитку пізнавальної активності студентів та ефективним засобом контролю під час навчання загальної фізики.

Комп'ютерні технології породжують нові стимули до засвоєння знань. Під час контролю за допомогою комп'ютера можливо створити ситуацію, коли студент навіть при відсутності знань і неправильно виконаному завданні буде мати резерв повторної спроби. В умовах традиційного контролю неправильна відповідь залишається і надалі для студента незрозумілою. Можливість знаходження вірної відповіді після перших невдалих спроб надає комп'ютерному контролю також і навчальні функції. Студент після декількох спроб знаходить вірну відповідь, запам'ятовує її, а під час повторного контролю має можливість заробити більше балів. Тут використовуючи бажання студента мати вищий бал, ми спонукаємо його до подальшої пізнавальної діяльності навіть під час контролю.

Можливість повторити спробу у разі невдачі стимулює бажання знайти й виправити помилки та вибрати правильний шлях до мети, привчає до пошуку альтернативи й критичного осмислення своїх ідей. У результаті створюються можливості для ефективного навчання студентів з різним рівнем інтелектуального розвитку.

Початкові запитання повинні бути доступними для переважної більшості студентів, адже перші вдалі кроки дають впевненість в своїх силах, викликають азарт та стимулюють до подальшої активної діяльності. Навчаль-

ну діяльність студента оцінюють за кількістю виконаних завдань. Той факт, що під час комп'ютерного контролю позитивно оцінюється тільки повністю виконана робота (доступ до наступного етапу контролю студент отримує тільки після правильних відповідей на всі запитання попереднього етапу), привчає доводити розпочату справу до кінця, знаходити та виправляти помилки. Тільки завершена робота дає результат та відкриває нові перспективи, недовиконана ж робота не дає нічого. Одним із значних недоліків традиційного контролю є той факт, що не виконавши по суті жодного завдання, не розібравшись у своїх помилках, студент все ж мав змогу отримати задовільну оцінку. Але ж якісне доведення до кінця навіть відносно простої справи є куди кориснішим, ніж недороблене і залишене без отримання правильного розв'язання складне завдання.

Як аргумент на користь комп'ютерного контролю можна розглядати й загальну зацікавленість сучасної молоді в роботі з комп'ютером. Створення програм для вступного контролю корисне й для того, щоб студент міг згадати чи повторити шкільний матеріал, потрібний для успішного вивчення університетської програми. При цьому студент має змогу працювати індивідуально (на домашньому комп'ютері), в іншому випадку на це доводиться гайнувати й так обмежений час занять.

У таких програмах корисно використовувати елементи комп'ютерної дидактичної гри, в процесі такої гри відбувається нагромадження, актуалізація і трансформація знань в уміння і навички, акумулювання досвіду приводить до розвитку пізнавальних здібностей студентів.

Під час підготовки моделі комп'ютерної дидактичної гри доцільно використовувати модульний принцип, який є загальним принципом побудови комп'ютерних програм. Кожний модуль характеризується своїми завданнями, цілями та результатами. Створення будь-якого модуля пов'язано з прогнозуванням, яке відіграє визначальну роль в розробленні сценарію комп'ютерної дидактичної гри.

Комп'ютерна гра повинна аналізуватися викладачем з різних позицій, щоб діяльність студентів не стала непередбаченою та некерованою. Чим більше ігрових варіантів, тим більш ідеальною буде модель. Викладач повинен передбачати можливі проблемні ситуації, а для цього виконати багатоваріантний аналіз ходу та результатів дій студентів, щоб виявити можливі у процесі гри помилки та непорозуміння.

Застосування комп'ютерних дидактичних ігор, на наш погляд, є ефективним засобом формування позитивної мотивації. Глибина та складність завдань, які розробляються для використання у комп'ютерних іграх, мають бути різними – від більш простих, доступних менш підготовленим студентам, до складних. Здатність справитися з першими, найпростішими завданнями придає впевненості у своїх силах та бажання спробувати здолати складніші перешкоди. Виконання перших завдань за допомогою здібностей одного рівня, відкриває можливості для розвитку здібностей більш високого

рівня, перенесення набутих здібностей на інші види діяльності, а це створює відчуття «професіоналізму», підвищує самооцінку. Корисним під час створення такої гри може виявитись аналіз притягальної сили звичайних комп'ютерних ігор.

Створення програми відбувалося у такій послідовності:

– вибір тематики гри та визначення орієнтовного первісного рівня підготовки осіб, для яких призначено дидактичну гру;

– визначення мети та завдань дидактичної комп'ютерної гри;

– визначення структури та сценарію гри з урахуванням мети, завдань, теми та рівня підготованості студентів;

– перевірка функціонування програми та оцінювання зовнішніх атрибутів комп'ютерної гри.

Одним із завдань під час створення програм такого типу була комп'ютерна підтримка навчальних посібників із загальної фізики [11; 12], розроблених нами для використання в умовах кредитно-модульної системи.

Розміри та простота використання таких програм дозволяють розповсюджувати їх на дискетах і використовувати під час самостійної роботи студентів. Заміна елементів комп'ютерного програмного коду дозволяє створювати аналогічні версії програми для інших розділів курсу, а також легко модернізувати їх, враховуючи побажання користувачів (студентів). Приклад такої комп'ютерної програми для контролю засвоєння базових понять розділів теми першого модуля «Механіка» приведено у комп'ютерному додатку до статті.

Як показало пробне практичне застосування програми, нам вдалося розробити успішну технологію комп'ютерного контролю знання базових понять курсу загальної фізики. Створена програма є зручною у використанні, містить цікаві ігрові елементи. Позитивний досвід взаємодії з студентами під час розробки таких програм сприяє більшій контрольованості навчального процесу із загальної фізики. Вважаємо перспективною у майбутньому таку форму контролю як індивідуальні домашні завдання різних типів, які виконуються студентами у вигляді комп'ютерних програм або презентацій. Кращі студентські роботи можуть використовуватися надалі як засоби навчання та контролю.

Література:

1. Атаманчук П.С., Янішевський О.Е. Дидактика фізики в контексті філософії управління якістю // Зб. наук. пр. Кам'янець-Под. держ. ун-ту. Сер.: Пед. – Кам'янець-Под.: К-ПДУ, 2006. – Вип. 12. – С. 92–96.

2. Іваницький О.І., Ткаченко С.П. Кредитно-модульна система контролю знань студентів як засіб підвищення якості фахової підготовки вчителя фізики // Вісн. Черніг. держ. пед. ун-ту імені Т.Г. Шевченка. Сер.: Пед. науки. – Чернігів: ЧДПУ, 2006. – Вип. 36. – Т. 2. – С. 50–56.

3. Комп'ютерні технології в організації самостійної роботи студентів

(курсантів) / Т.М. Павелко, Б.А. Сусь, А.В. Касперський, М.І. Шут // Фундаментальна та професійна підготовка фахівців з фізики: Тези доп. V Всеукр. наук. конф. – К.: НПУ, 2000. – С. 42.

4. Кух А.М. Організація навчально-пізнавальної діяльності учнів з фізики на основі рівневих завдань еталонного характеру: Дис... канд. пед. наук: 13.00.02. – К., 1998. – 215 с.

5. Методика здійснення комплексної діагностики знань студентів з курсу загальної фізики: Метод. рекомендації / За ред. М.І. Шута. – К.: НПУ, 2002. – 14 с.

6. Мєняйлов С.М. Визначення та коригування початкового рівня підготовки студентів з фізики за допомогою комп'ютера // Зб. наук. пр. Уман. держ. пед. ун-ту ім. Павла Тичини. – К.: Наук. світ, 2006. – С. 110–115.

7. Мєняйлов С.М., Бовтрук А.Г. Мультимедійна підтримка задач із загальної фізики // Вісник Чернігів. дер. пед. ун-ту ім. Т.Г.Шевченка. Сер.: Пед. науки. – Чернігів: ЧДПУ, 2007. – Вип. 46. – Т. 2. – С. 6–8.

8. Мєняйлов С.М., Сліпухіна І.А. Гуманізація контролю пізнавальної діяльності студентів із загальної фізики // Фізико-технічна освіта у гуманістичній парадигмі: Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. – Керч: РВВ КДМТУ, 2007. – С. 76–78.

9. Модульная технология образовательного процесса в вузе / Р.М. Асадуллин, В.Ф. Дмитриева, П.И. Самойленко и др. – М.: МГУТУ, 2005. – 91 с.

10. Эльконин Д.Б. Избранные психологические труды. – М.: Педагогика, 1989. – 560 с.

11. Фізика. Модуль 1. Механіка: Навч. посіб. / А.Г. Бовтрук, Ю.Т. Герасименко, Б.Ф. Лахін, С.М. Мєняйлов, І.Г. Третяков, А.П. Поліщук; За заг. ред. проф. А.П. Поліщука. – К.: НАУ, 2006. – 176 с.

12. Physics. Module 1. Mechanics: Навч. посіб. / А.Г. Бовтрук, С.Л. Максимов, С.М. Мєняйлов, А.П. Поліщук. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2006. – 160 с. (Англ. мовою)

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИЧНОЇ РОБОТИ ТА ФОРМ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ З КУРСУ ФІЗИКИ В УМОВАХ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ

Т.В. Гаврилова, О.Ф. Єрьоміна, С.П. Мовчан
м. Харків, Харківський національний автомобільно-дорожній університет
aip@khadi.kharkov.ua

Модульно-рейтингова система, як прообраз втіленої на сучасному етапі кредитно-модульної технології навчання, була розроблена та втілена кафедрою фізики ХНАДУ ще кілька років тому [1]. Тоді відповідною побудовою курсу фізики передбачалося проведення у кожному семестрі не менш трьох рубіжних перевірок та оцінок рейтингу знань студентів. Організація кожної перевірки включала до себе письмове (комп'ютерне) тестування знань по теоретичному матеріалу, а також оцінювання вмінь шляхом розв'язання практичних завдань (лабораторних робіт, індивідуальних завдань тощо). Якщо студент в установлені терміни опановував дані розділи курсу фізики з позитивною оцінкою рейтингу, то він мав змогу достроково (навіть до початку сесії) одержати підсумкову накопичену оцінку з предмету.

Передбачені рішенням колегії Міністерства освіти і науки України від 24.02.04 р., а також рішеннями вченої ради ХНАДУ та наказом ректора напрямки запровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу потребувала від кафедри фізики забезпечення в повному обсязі всіх умов, що потрібні для реалізації індивідуальної траєкторії здобуття відповідного кваліфікаційного рівня вищої освіти кожним студентом на підставі суттєвого збільшення обсягу та якості і видів самостійної роботи студентів (СРС) з навчальної дисципліни.

Зокрема, з курсу загальної фізики, як обов'язкової фундаментальної дисципліни освітньо-професійних програм (ОПП) галузевих стандартів вищої освіти доцільними для вищих технічних навчальних закладів III та IV рівнів акредитації, в умовах кредитно-модульної технології навчання стали такі нові форми СРС:

– позааудиторне засвоєння значної частини (від 50% до 67%) обсягу курсу лекцій;

– підготовка доповідей та рефератів з виступами на семінарських заняттях, що передбачено навчальними планами підготовки фахівців;

– додаткові заняття з курсу загальної фізики (за окремим розкладом) в присутності куратора-викладача з метою поглибленого засвоєння найбільш складних тем навчальної дисципліни;

– позааудиторне виконання семестрових індивідуальних завдань студентів з кожного розділу курсу фізики (8-10 типових задач та лабораторні дослідження);

– використання тестових завдань щодо визначення рівня знань студен-

тів з можливістю проведення тестового контролю як у центрі тестування ХНАДУ, так і у комп'ютерних класах, тощо.

З метою навчально-методичного забезпечення перелічених видів СРС кафедрою фізики розроблена необхідна кількість навчальних посібників та методичних вказівок. Серед них курс лекцій з фізики [2–4] і навчальний посібник [5], які містять перелік запитань з самоконтролю та приклади розв'язування типових завдань для СРС.

Наявність зазначених навчально-методичних видань надає можливість при читанні лекції зосередитися лише на вузлових питаннях курсу з винесенням значної кількості тем на СРС, що забезпечує скорочення обсягу аудиторних лекційних годин, які передбачені ідеологією кредитно-модульної технології навчального процесу.

Окрім того, кафедрою фізики розроблено електронний варіант всіх частин курсу лекцій з фізики, який розміщено на сайті освітнього порталу університету, що поліпшує умови індивідуального засвоєння курсу при наявності для СРС комп'ютерних класів ХНАДУ, тобто реалізацію варіанту дистанційної форми навчання.

Пізнання сучасної фізичної картини світу, визначення безпосереднього взаємозв'язку принципів та законів фізики з основними категоріями філософії передбачено також за рахунок проведення певного обсягу аудиторних занять у формі семінарів по групам. Тематика та кількість семінарських занять визначається робочою програмою підготовки бакалаврів (магістрів) відповідно до професійного спрямування [6].

Відомо, що кредитно-модульна технологія навчання по суті передбачає систему комплексної перевірки та рейтингової оцінки знань і навичок студентів з основних розділів фізики, за допомогою відповідних залікових модулів.

Крім того, студент при застосуванні КМТМ отримує не тільки оцінку знань у балах рейтингу, а також оцінку загальних працезатрат за освоєння всіх видів занять, що передбачено навчальними планами у формі кредитів.

Терміни тестування визначаються відповідними календарними планами, доводяться на початку кожного семестру до відома студентів. Тестування проводиться по групам у формі аудиторної СРС за стислий проміжок часу (30-45 хв.) під час додаткових занять. Тестування проводить викладач (бажано лектор), який може задавати не тільки різні варіанти тестів, але й змінювати початкові індивідуальні параметри тестування (кількість запитань, рівень їх складності тощо), враховуючи поточні оцінки, одержані студентами на протязі навчальних занять або показники їх участі у предметних студентських олімпіадах різного рівня.

Розроблені викладачами кафедри оригінальні тестові завдання розміщені на сайті навчального порталу кафедри фізики ХНАДУ. Тести з кожного розділу мають 30 індивідуальних варіантів державною мовою, кожен з яких містить від 4 до 5 тестових завдань і охоплює певну тему того чи іншо-

го розділу курсу. При розробці тестових завдань були використані різні форми тестів. Наприклад:

1. Вибірковий. При рівноприскореному підоймі ковша екскаватора сила тиску екскаватора на грунт:

а) збільшується б) зменшується в) не змінюється

2. Порівняльний. Порівняйте за величиною магнітні поля (B або H), які створюють на однаковій відстані r від траєкторії руху електрон (q_e=1,6·10^{-19} Кл, m_e=9·10^{-31} кг) та позитрон (e_+=|e|=1,6·10^{-19} Кл, m_{e+}= m_e=9·10^{-31} кг), які набули швидкості υ в електричному полі з різницею потенціалів U. Відповідь обґрунтуйте розрахунками

а) $B_{e+}>B_e$ б) $B_{e+}<B_e$ в) $B_{e+}=B_e$

3. Творчо-конструктивний. За графіком швидкості: $\upsilon=\upsilon(t)$ побудувати графіки переміщення $x=f(t)$ та прискорення $a=a(t)$. Пояснити характер руху на різних ділянках, якщо при t=0 маємо x=0.

4. Розрахунковий. Яка різниця потенціалів (ЕРС індукції) наводиться на кінцях вісі колес автомобіля довжиною l=2 м при швидкості руху автомобіля υ=15 м/с у магнітному полі Землі (B_ζ=5·10^{-3} Тл)?

Згідно з досвідом викладачів використання КМТН дозволяє разом з новими формами СРС поліпшити якість підготовки спеціалістів та успішність студентів у цілому.

Література:

1. Гаврилова Т.В., Еремина Е.Ф., Мовчан С.П. Особенности подачи материала и проверки знаний в курсе общей физики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 3: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2003. – Т.2. – 360 с.

2. Мовчан С.П. Механіка та молекулярна фізика. Консп. лекцій. - Харків: ХНАДУ, 2004. – 256 с.

3. Мовчан С.П. Електрика та магнетизм. Консп. лекцій. – Харків: ХНАДУ, 2005. – 268 с.

4. Мовчан С.П. Оптика. Фізика атома, ядра та елементарних частинок. Консп. лекцій. – Харків: ХНАДУ, 2006. – 360 с.

5. Мовчан С.П., Жданюк В.К. Фізичні властивості матеріалів та методи їх визначення. Навч. посібник. – Харків: Вид-во ХНАДУ, 2006. – 208 с.

6. Гаврилова Т.В., Мовчан С.П Активизация познавательной способности студентов колледжа на семинарских занятиях // Труды Межвузовской научно-методической конференции. – Харьков, 1995.

КРЕДИТНО-МОДУЛЬНА СИСТЕМА – ПЕРШІ ПІДСУМКИ ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ДИСЦИПЛІНИ «ФІЗИКА»)

А.Г. Виноградов
м. Черкаси, Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля
vin_ag@mail.ru

Згідно з відповідними наказами МОН України, в Академії пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля з вересня 2006 року було впроваджено кредитно-модульну систему організації навчального процесу (КМСОНП) при викладанні навчальних дисциплін І курсу, зокрема, фізики. Попередньо викладачами було вивчено відповідні нормативні документи, методичну літературу та досвід інших навчальних закладів.

Їх вивчення дозволило зробити висновок, що впровадження КМСОНП означає докорінну зміну багатьох складових навчального процесу (планування та проведення занять, оцінювання знань, документальне супроводження тощо). Така радикальна зміна навчального процесу, цілком очевидно, повинна супроводжуватися як позитивними, так і негативними наслідками.

Перед впровадженням КМСОНП необхідно було визначити найбільш суттєві моменти даного процесу, на які необхідно звернути увагу з метою його оптимізації (максимальної переваги позитиву над негативом).

Отже, на які позитивні наслідки від впровадження КМСОНП слід було сподіватися? На основі попереднього аналізу отриманої інформації можна було розраховувати, що такими є:

– прозорість процесу контролю знань для курсантів;
– свідомий вплив курсантів на результат;
– більш рівномірний розподіл контролю знань упродовж семестру;
– зменшення навантаження під час екзаменаційної сесії (можливість уникнути складання заліку або іспиту);
– гнучка система обліку балів.

Якщо сказати коротко, у процесі засвоєння знань КМСОНП повинна пасивних курсантів зробити більш активними. Але для цього викладачі повинні не обмежитися формальним виконанням вимог нормативних документів, а підійти до процесу впровадження КМСОНП кожної дисципліни творчо і забезпечити її максимальну ефективність. Якщо цього не зробити, позитивні наслідки від впровадження КМСОНП можуть бути настільки незначними, що зникне й сама доцільність її впровадження.

Крім того, необхідно врахувати, що впровадження КМСОНП має й свої негативні наслідки:

– витрати зусиль та часу на реформування навчального процесу; значний обсяг розробки нової методичної документації;
– значно зростає рутинна робота викладачів та методистів (облік ба-

лів, заповнення відомостей, індивідуальних планів тощо);
- вводиться значна кількість нових незвичних термінів і понять (кредит, модуль, індивідуальний навчальний план студента, три шкали оцінок тощо);
- не завжди зручно формувати модулі навчальної дисципліни, виходячи з вимоги їх логічної завершеності, якщо, наприклад, частина розділу навчальної дисципліни переходить у наступний семестр;
- зростають труднощі при розробці розкладу навчальних занять за рахунок появи варіативної частини індивідуального навчального плану студента (дисципліни за вибором студента). Внаслідок цього важко наперед визначити кількісний склад навчальних груп при вивченні певної частини навчальних дисциплін.

Наведемо коротку інформацію щодо впровадження КМСОНП із дисципліни «Фізика». Після детального обговорення колективом викладачів було виконано низку основних заходів:

1. Розроблено систему обліку балів за всі види навчальної діяльності курсантів, стимулюючу їх активність упродовж усього семестру (табл. 1). Тим самим визначено систему поточного контролю знань курсантів.
2. Створено комп'ютерну програму для розрахунку та відображення рейтингових балів у електронних таблицях.
3. Визначено форму підсумкового контролю знань (модульної роботи). Вирішено проводити її у формі письмового тестування з великою кількістю варіантів, щоб виключити списування.
4. Забезпечення прозорості КМСОНП для курсантів вирішено здійснювати за допомогою інформаційного стенду дисципліни.

Таблиця 1. Система обліку балів кожного модуля

№	Назва	Кількість балів		
		Max	Фактично	
			Поточні	Сер.
Поточний контроль				
1.	Наявність якісних конспектів усіх лекцій	10	–	
2.	Середня оцінка за тестування теоретичних знань під час практичних занять	5		
3.	Середня оцінка за розв'язування задач під час практичних занять	5		
4.	Середня оцінка за допуск до лабораторних робіт	5		
5.	Захист звіту з лабораторної роботи № 1	10	–	
6.	Захист звіту з лабораторної роботи № 2	10	–	
7.	Індивідуальне завдання підвищеної складності (за бажанням)	5	–	
Штрафна частина				

№	Назва	Кількість балів		
		Max	Фактично	
			Поточні	Сер.
1.	Неоформлення звіту з лабораторної роботи протягом 15 днів	–2	–	
2.	Наявність невідпрацьованих незадовільних оцінок	–2	–	
3.	Пропуск понад 30% занять (з будь-яких причин)	–3	–	
	Разом	50	–	
	Підсумкова модульна робота	50	–	
	Разом за модуль	100	–	

Інформаційний стенд призначений для відображення основних методичних документів, необхідних для доведення до курсантів, а також поточної інформації щодо кількості набраних балів КМСОНП із фізики кожним курсантом по кожному пункту обліку на даний момент часу. Як показав набутий досвід, інформаційний стенд відіграє надзвичайно важливу роль для функціонування КМСОНП. Він забезпечує зворотній зв'язок від викладачів до курсантів і дозволяє останнім свідомо впливати на стан своєї успішності з даної дисципліни за рахунок покращення цілком конкретних показників (виправлення незадовільних оцінок, захисту звітів із лабораторних робіт, допрацювання конспектів лекцій тощо). Інформація на стенді поновлюється з періодичністю 10-15 днів.

Розроблена у Excel комп'ютерна програма дозволила значно зменшити витрати часу викладачів на рутинний розрахунок балів при кожному поновленні інформації на стенді, але вони все ж таки залишаються доволі великими.

Які ж реальні результати від впровадження КМСОНП уже зараз можна констатувати і які можна зробити висновки на майбутнє?

До позитивних результатів можна віднести такі:

– суттєве підвищення активності курсантів (порівняно з попередніми роками);
– висока інформативність та диференційованість стану успішності кожного курсанта;
– можливість акцентування тих чи інших компонентів навчального процесу за рахунок зміни системи обліку балів;
– автоматичне визначення підсумкових оцінок у кінці семестру.

До негативних результатів слід зарахувати наступне:

– спілкування викладача і курсанта стало більш формалізованим. Через необхідність набрати достатню кількість статистичного матеріалу для розрахунку рейтингових балів доводиться проводити велику кількість тестувань, що зменшує вплив індивідуальності викладача на навчальний процес;

– усний іспит для більшості курсантів замінений автоматичним підрахунком підсумкової оцінки за раніше визначеними модульними оцінками, що також зменшує можливості «живого» спілкування викладача з курсантом;
– навантаження викладачів у позанавчальний час зросло в кілька разів (розробка методичних матеріалів, розробка тестів та їх перевірка, обрахунок рейтингових балів, оновлення інформації на стенді, ведення облікової та планово-звітної документації тощо). Часу на наукову та іншу творчу роботу практично немає;
– можна прогнозувати, що позитивний вплив виявиться суттєвим лише для курсантів І курсу. Із часом відбудеться «адаптація» курсантів до нової системи, і головний позитив КМСОНП (підвищення активності курсантів) суттєво зменшиться.

Ще один висновок полягає в тому, що при впровадженні КМСОНП необхідно створювати не лише методичну основу цієї системи, але й технічну. При належному забезпеченні виконавців (викладачів, методистів) комп'ютерною технікою та програмним забезпеченням суттєво зменшаться непродуктивні витрати часу.

Наостанок необхідно зауважити, що при впровадженні КМСОНП кожному навчальному закладу необхідно надати додаткові права щодо її практичної реалізації та документального оформлення. Зокрема, виглядає нонсенсом регламентована наказами МОН величезна кількість додаткової документації, яка лягає важким тягарем на викладачів та методистів. І це в той час, коли весь світ іде шляхом переходу на безпаперові технології.

Велінням часу виглядає створення у кожному навчальному закладі внутрішньої комп'ютерної мережі для обміну інформацією між кафедрами та навчально-методичним відділом, захищеної від несанкціонованого втручання. Основний обмін інформацією між кафедрами та навчально-методичним відділом доцільно здійснювати не на паперових носіях, а через комп'ютерну мережу. Щоб не робити зайву роботу, форми і методи обміну інформацією у вигляді комп'ютерних файлів для певної частини документів можуть бути регламентовані відповідним положенням, затвердженим МОН. У цьому випадку стане більш ефективним відповідний обмін інформацією між різними ВНЗ, між ВНЗ та МОН. Перевірка значної частини навчально-методичної роботи ВНЗ комісіями вищих інстанцій також може проводитися шляхом аналізу інформації на безпаперових носіях. Це дозволить зробити роботу відповідних комісій більш ефективною, проводити її у коротші терміни і значною мірою – дистанційно.

ОРГАНИЗАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КУРСА ФИЗИКИ В УСЛОВИЯХ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ

Т.П. Лумпиева, А.Ф. Волков
г. Донецк, Донецкий национальный технический университет
afv@fizmet.dgtu.donetsk.ua

В системе высшего образования Украины в последние годы наметилась негативная тенденция снижения уровня качества образования [1]. Главная причина этого – постоянно возрастающее несоответствие уровня подготовки выпускников средней школы требованиям вузов. Кроме этого, наблюдается снижение интереса к инженерно-техническим специальностям. Для привлечения абитуриентов вузы снизили требования на вступительных экзаменах, сократив их количество, и создали систему облегченного поступления: по собеседованию и т.д. В вузе нельзя сокращать объем учебных дисциплин, количество экзаменов, снижать требования к качеству знаний, так как существуют стандарты специальностей и программы учебных дисциплин, по которым мы обязаны работать. Отсюда вытекает проблема обучения слабо подготовленных студентов, подготовки их к восприятию вузовских дисциплин. Вуз должен сформировать у своих выпускников способность осваивать достижения фундаментальных наук и творчески их использовать в инженерной деятельности. Только при этом условии будет обеспечена необходимая конкурентоспособность на рынке труда.

Таким образом, каждый преподаватель вуза должен работать как над содержанием учебного процесса, так и над его организацией.

Важным элементом рациональной организации учебного процесса является кредитно-модульная система как одна из составляющих Болонского процесса. Достоинство такой организации в том, что студентам создаются условия для стимулирования регулярной работы на протяжении всего семестра и отчетности по меньшему объему учебного материала, что весьма важно для тех, кто не привык работать систематически с большими объемами информации.

В условиях кредитно-модульной системы важнейшей формой работы является самостоятельная работа. Ориентация учебного процесса на самостоятельную работу и повышение ее эффективности предполагает, прежде всего, создание учебно-методической и материально-технической базы в вузах, помогающей студенту освоить учебные дисциплины. К учебно-методической базе относятся учебники, курсы лекций, методические пособия по выполнению курсовых и дипломных проектов, лабораторных работ, индивидуальных заданий, руководства по решению задач и т.д.

Недостаточное финансирование выпуска учебной литературы привело к тому, что в настоящее время библиотечный фонд по курсу общей физики

в основном состоит из учебных пособий, выпущенных в советский период. Как правило, это трехтомники большого объема, рассчитанные на вузовскую программу с расширенным числом часов по физике. Использовать такую литературу большинство сегодняшних студентов не в состоянии.

В сложившихся условиях решение проблемы обеспечения студентов учебной информацией по изучаемым дисциплинам в полном объеме при наименьших затратах времени возможно лишь в том случае, если большинство методических материалов размещается в информационной сети учебного заведения на электронных носителях. Вузовские библиотеки ведут большую работу по созданию электронных библиотек, но, к сожалению, она далека от завершения и оставляет желать лучшего в связи с низкой технической оснащенностью библиотек.

Вместе с тем, как показал опрос, проведенный авторами среди первокурсников, большинство студентов имеет хорошие навыки пользования компьютерной техникой и возможность использования сети Internet. Поэтому, на наш взгляд, одним из способов решения проблемы обеспечения студентов учебно-методическими материалами, а также их динамичного редактирования, является создание кафедральных электронных библиотек и размещение их в сети Internet [2].

В течение ряда лет авторы работали над созданием учебно-методического комплекса по физике [3]. Этот комплекс разрабатывался на принципах кредитно-модульной системы обучения. Он включает в себя конспекты лекций по соответствующим разделам курса физики с примерами решения задач и тестами для самоконтроля знаний по этим разделам; методические пособия по самостоятельной работе и индивидуальные задания; методическое пособие по выполнению физического практикума, включающее введение, инструкции к лабораторным работам, справочные материалы. К сожалению, очень часто встречаются студенты-первокурсники, которые не умеют пользоваться простейшими измерительными приборами, определять цену деления прибора, собирать простые электрические схемы и т.д. Поэтому, во введении к физическому практикуму приводятся правила проведения измерений, обработки полученных экспериментальных результатов, оформления отчета по лабораторной работе, описываются простейшие измерительные инструменты.

Индивидуальные задания разбиты по темам в соответствии с модульной системой обучения. Каждая задача индивидуальных заданий снабжена методическими рекомендациями, в которых указывается какой теоретический материал необходимо проработать, а также даются ссылки на примеры решения задач, которые желательно предварительно разобрать.

Конспекты лекций имеют небольшой объем, так как изложение материала авторы пытались вести без громоздких математических выкладок и основной акцент делали на физическую суть явлений и описывающих их понятий и законов. Они снабжены большим количеством иллюстраций,

помогающих пониманию и усвоению учебного материала, а также таблицами, систематизирующими знания.

Разработанные материалы размещены на сайте, доступ к которому осуществляется через внутреннюю сеть университета через пароль и логин. Удобный интерфейс даёт возможность легко отыскать необходимую учебную информацию.

Рис. 1

Подробный тематический указатель, расположенный в левом фрейме (рис. 1), отображаемом на каждой странице сайта, позволяет перейти к любому разделу, находясь на любой из страниц. В начало тематического указателя мы поместили методические материалы, которые используются чаще всего. Это инструкции к лабораторным работам и методические пособия по самостоятельной работе с индивидуальными заданиями.

Отметим, что мы отказались от размещения материалов в виде целых методических пособий. Курс физики, читаемый в нашем университете, разбит на четыре модуля. Каждый модуль, как правило, состоит из двух тем курса, поэтому остальные материалы распределены по темам: механика, молекулярная физика и термодинамика, электростатика и постоянный ток, электромагнетизм и т.д. Блоки темы включает в себя следующие пункты:

– выписка из рабочей программы по данной теме;

– вопросы для контроля знаний;

– задачи для самостоятельного решения.

Такое расположение материалов позволяет студенту очень легко и быстро найти нужную информацию, так как в отличие от поиска в обычной библиотеке не нужно помнить номер методического пособия, его название, фамилии авторов и искать его предварительно в каталоге.

При разработке сайта использовался язык HTML, элементы JavaScript таблицы стилей css. Благодаря использованию jpg-картинок и максимальному сокращению их количества и размера, удалось значительно сократить

предполагаемый размер материалов сайта, что способствует быстрейшей загрузке его в браузер пользователя и экономии трафика.

Методические пособия находятся на сервере в формате PDF (*.pdf). Пользователь может просмотреть их в окне браузера (если в него интегрирована программа для просмотра pdf-файлов) или загрузить на свой компьютер для дальнейшего просмотра или печати. Счётчики посещений определяют количество визитов.

Предусмотрена возможность оперативной смены информации, что позволяет заменять устаревшие пособия новыми или просто отредактированными, изменять индивидуальные задания.

Хотя Internet не может заменить сложившийся традиционный вузовский учебный процесс, возможности Internet резко увеличивают и разнообразят приемы и методы учебной деятельности и открывают для преподавателей новые возможности организации учебной работы. Одновременно решается задача воспитания современной инженерной культуры студентов.

На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Размещение учебно-методических материалов на сайтах кафедр позволяет частично решить проблему обеспечения студентов учебно-методическими материалами. Одновременно необходимо издавать пособия типографским способом, так как часть студентов все еще не имеет возможности пользоваться электронными изданиями.

2 Размещение информации на электронных носителях позволяет быстро их редактировать или заменять.

3. Отдельного рассмотрения требует проблема авторских прав, так как комплекс законов, регулирующих отношения в этой области, в Украине исполняется не в полной мере. Не искоренена практика незаконного тиражирования электронных пособий. Вузы не производят авторам оплату за разработку электронных пособий, поэтому заинтересованность преподавателей в создании такого рода учебно-методической документации достаточно низкая.

Литература:

1. Об основных задачах вузов Украины на 2006-2007 учебный год. Письмо министра образования и науки Украины руководителям вузов от 30.08.06.

2. Лумпиева Т.П., Волков А.Ф., Алимов А.В. Организация методического обеспечения курса физики на базе интерактивного сайта кафедры // Известия ТРТУ-ДонНТУ. – Таганрог: Изд-во ТРТУ. Кн. 2. – 2006. –С. 65-69.

3. Лумпиева Т.П., Волков А.Ф. Совершенствование методического обеспечения курса общей физики // Проблеми і шляхи вдосконалення науково-методичної та навчально-виховної роботи в ДонНТУ: Матер. II науково-метод. конф., 1–2 лютого 2005 р., м. Донецьк. – Донецьк, 2005. – С. 5.

ПРИНЦИП ГУМАНІЗАЦІЇ ПРИ ВИКЛАДАННІ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

Б.І. Бешевлі, Ю.В. Білозерова
м. Донецьк, Донецький національний університет

В даний час, незважаючи на усе більш зростаючу роль природничих наук у розвитку суспільства, удосконалення системи освіти висуває на перший план гуманізацію освіти. Дана проблема особливо важлива при викладанні курсу фізики, як найбільш значимої та необхідної складового формування світосприймання учнів. У цьому випадку перед учителем постає важливе завдання: формування школяра як окремої особистості, відкрити й разом з ним побачити «новий» світ, ще такий загадковий і незрозумілий. При цьому крок за кроком починають накопичуватися нові знання. На цьому етапі дуже важливо донести школярам «правильну» фізику, що буде йти з ними все життя. Основною метою викладання фізики у школі є формування в учнів уявлення про природні явища та вміння виявляти закономірності цих явищ для наступної практичної діяльності в житті. Тобто, чим краще ще в шкільному віці людина освоїть ці знання, тим легше їй буде орієнтуватися в житті й тим більшої кількості помилок вона уникне.

Таким чином, необхідно вимагати від учнів не тільки знання законів і формул, але й за допомогою фізики розвивати в них мислення, яке буде допомагати їм під час розв'язання проблем, що виникають у житті. Мислення – найбільш узагальнена та опосередкована форма психічного відображення, що встановлює зв'язки та відносини між пізнаваними об'єктами. Інакше кажучи, мислення – це здатність міркувати, розглядати явища об'єктивної дійсності та робити відповідні висновки. Розвивати мислення школярів за допомогою фізики можна, на наш погляд, гуманізуючи сучасну освіту. Сформувати курс фізики треба таким чином, щоб були висвітлені не тільки основні закони й формули, а розглянуті ті компоненти, які могли б усебічно розвивати учня, прилучати його до гуманістичних цінностей. Це буде сприяти поліпшенню процесу засвоєння матеріалу, поширенню «узаконених» суспільством ціннісних норм і формування особистості, переконанню учнів у пріоритеті духовних цінностей над матеріальними.

У результаті всіх змін, що відбуваються в суспільстві, виникли передумови та реальні можливості для побудови нової системи формування у учнів наукової картині світу. В основу такої системи доцільно було б покласти наступні принципи: 1) формувати у учнів переконання в тому, що найбільш важливими є загальнолюдські цінності; 2) перетворення навчального курсу фізики таким чином, щоб на матеріалі, що розкриває необхідність наукового пізнання й мислення, ефективно формувати особистість учня.

Говорячи про перший принцип, потрібно враховувати, що ціннісні відносини та орієнтації займають важливе (іноді й вирішальне) місце в навчальній діяльності школяра, визначаючи його пріоритети, інтереси й вчинки

при оволодінні курсом фізики. Говорячи про форму викладання, то вона за своєю суттю повинна залучати учня до гуманістичних цінностей, служити процесом засвоєння, поповнення встановлених сучасним суспільством ціннісних норм. Треба орієнтувати учня на правильний вибір, яке місце в житті будуть займати матеріальні, а яке – духовні цінності. Це допомагає правильно зорієнтувати учня вчитися бути самим собою.

Алі найбільш успішним на уроках стає залучення до духовних цінностей, які змолоду повстають перед школярем у вигляді цінностей культури. Саме тому зміст навчального курсу фізики повинен стати основним елементом сучасної культури, причому не тільки всього людства в цілому, але й кожного учня зокрема. Вивчаючи основи фізики, учень пізнає такі елементи культури, як наука, наукове знання, мислення й діяльність. Головна умова гуманізації процесу навчання – це включення в пізнання соціокультурного матеріалу, який, у свою чергу, включає в себе світоглядні, методологічні, історико-наукові, біографічні та загальнокультурні знання.

Основний напрямок у викладанні фізики в школі необхідно направити на залученні учнів до таких людських цінностей, як істина, краса, моральність, корисність. Формуючи у школяра ціннісне відношення до основних понять, експериментів і теоретичних побудов курсу фізики, ми тим самим формуємо його як особистість, розвиваючи різні його сторони. Надбання життєво важливого й необхідного елемента власної культури, з'являється у формуванні учня позитивно-ціннісного відношення до науки та знань у цілому.

Методика, що дозволяє реалізовувати викладання фізики з урахуванням гуманізації освіти, з огляду на сучасний соціальний стан учнів й умов викладання, може складатися з двох частин: залучення школярів до цінностей культури на матеріалі самого курсу фізики та формування гуманістичних цінностей на прикладі взаємодії людини та науки. У першій частині методики ставляться та вирішуються такі завдання:

- формування світоглядних, методологічних і загальнонаукових подань про фізику як науку;
- залучення до пізнавальних цінностей;
- залучення до естетичних цінностей;
- формування уявлень про практичну цінність фізики як науки й навчального предмета.

В цій частині, при викладанні теоретичного матеріалу необхідно звертати увагу учнів на визначальну роль фізики в розвитку суспільства, показати, що відкриття нових законів природи є відповіддю на нагальні потребі суспільства. Привести приклади, які б підтверджували, що відкриття, які "випереджають" свій час, не сприймаються суспільством. Пов'язати фізичну наукову картину світу з філософським усвідомленням дійсності.

Друга частина методики викладання на уроках фізики заснована на використанні ідеї людського фактора, як визначального початку у функціону-

ванні науки. Одночасно, ставиться завдання систематично застосовувати матеріал про творчість і діяльність вчених та інженерів для формування особистості школяра.

В основу такого способу викладання покладений висновок, що усі фундаментальні питання курсу фізики повинні розглядатися через «призму» взаємовідносин учня з найважливішими проблемами, які повстають перед ним на протязі усього його життя. Адже наука не що інше, як людське віддзеркалення природи, що відображає потреби, інтереси й цінності, стиль мислення людини. Методичну роботу з висвітлення й аналізу взаємодії людини (ученого й учня) і науки (великої науки й навчального предмета) необхідно підкорити рішенню наступних завдань:

1. Знайомство учнів із творчістю класиків науки й техніки як засобом формування й самореалізації особистості.

2. Формування моральних позицій стосовно до науки, науковим знанням і природи.

3. Розвиток емоційно-ціннісного мислення на прикладі взаємодії науки й мистецтва.

4. Формування мислення при аналізі антинаукових і містичних уявлень.

5. Розвиток ціннісних відносин до людини, як складовій частини природи і як об’єкта фізичного пізнання.

Розв’язання поставлених завдань при викладанні курсу фізики сприяє прилученню учнів до універсальних цінностей людської культури, стимулює розвиток світоглядних поглядів на життя. Треба показати, що наукові відкриття, в залежності від того, як їх використати, можуть приносити як користь людству, так і велику небезпеку для його існування. Не меншу увагу треба приділяти розвитку національної самосвідомості, ролі українських вчених в розвитку світової науки. Це буде сприяти формуванню у учнів любові до своєї Вітчизни, розвитку патріотизму.

Можна впевнено сказати, що при викладі гуманізованого матеріалу в школі викладач не тільки формує фізичні знання учня, він також направляє їх на розвиток мислення, світосприймання, логіки й інтелекту. Необхідно знайти такий підхід у викладанні, щоб максимально зв’язати між собою необхідний зміст фізичного, культурного, логічного матеріалу, що буде сприяти збільшенню загального рівня знань учня.

Викладені задачі потребують практичного застосування. Можна з впевненістю стверджувати, що використання гуманізації освіти при викладанні фізики буде сприяти підвищенню загального рівня знань та світосприймання учнів.

АКТИВІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ КУРСАНТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ В АВІАЦІЙНОМУ ВУЗІ

С.А. Остапчук, О.М. Бурмістров
м. Кіровоград, Державна льотна академія України
Sava1982@yandex.ru

Постановка проблеми

Система вищої освіти в Україні зазнає реформ і перетворень. Відповідно до Законів України «Про освіту», «Про вищу освіту», інших нормативних актів Міністерства освіти і науки та згідно з вимогами Болонської декларації одним з основних напрямків реформування системи вищої освіти в цілому пропонується впровадження великих обсягів і різних видів самостійної роботи у підготовці спеціалістів. Ставляться нові вимоги до професійних якостей фахівців різних профілів, в тому числі і авіаспеціалістів. Від них вимагаються, окрім ґрунтовних знань, вмінь та навичок, вміння до самостійної роботи, до творчого пошуку та самовдосконалення протягом професійної діяльності, тобто всебічного розвитку особистості.

На жаль, якість засвоєння знань майбутніх авіаспеціалістів з такої базової дисципліни, як фізика, залишається невисокою. Одним з пріоритетних шляхів підвищення якості знань ми бачимо у використанні самостійної роботи курсантів (СРК) як однієї з основних ланок навчального процесу з фізики. Майже всі науковці сходяться в одному, що СРК має на меті поглиблювати узагальнювати і розширювати знання, вміння, навички студентів до різних предметів, у тому числі й фізики. Ніякі знання, не підкріплені самостійною діяльністю, не можуть стати справжнім надбанням людини. Крім цього, самостійна робота виховує самостійність як рису характеру, що відіграє суттєву роль в структурі особистості сучасного спеціаліста вищої кваліфікації.

Вивченню питань і проблем підвищення ефективності організації СРК присвячено багато праць і наукових досліджень таких, відомих науковців як А.М. Алексюк, С.І. Архангельський, Ю.К. Бабанський, В.П. Беспалько, І.Г. Гердер, Д. Дьюї, І.І. Кобиляцький, В.А. Козаков, П.І. Підкасистий, А.В. Петровський, О.М. Леонтьєв, С.Л. Рубінштейн, Г. Шарельман. Ці автори розкривають сутність самостійної роботи, її види і форми, дидактичні принципи, визначають роль, функції у загальній системі підготовки спеціалістів.

Виділення нерозв'язаної проблеми

Безумовно не можна сказати, що розглядувана нами самостійна робота є поняттям новим чи таким, що залишилося без розгляду і застосування у фізиці, але питання доцільності застосування тих чи інших форм і видів самостійної роботи, оптимального розподілу навчального матеріалу і часу, об'єму завдань контролю за виконанням та основної, на наш погляд, про-

блеми – безсистемності розробок і застосування завдань до самостійної роботи курсантів та оптимізації організації самостійної роботи курсантів з фізики, потребують всебічного і систематичного вивчення.

Виклад основного матеріалу

За В.А. Козаковим, самостійна робота курсантів – це специфічний вид навчання, головною метою якого є формування самостійності суб'єкта, що навчається, а формування його вмінь, знань та навичок здійснюється опосередковано через зміст та методи усіх видів навчальних занять [1].

І.М. Шимко вважає, що самостійна робота сприяє формуванню високої культури розумової праці курсантів, а також необхідних навичок і умінь, є визначальним фактором у досягненні високих результатів навчання [2].

Проаналізувавши стан проблеми, на практиці нами виявлено певні труднощі, з якими зустрічаються курсанти й викладачі під час планування, організації, контролю самостійної роботи з фізики, що обумовлені такими основними причинами:

– низьким рівнем оволодіння викладачами методикою організації самостійної навчальної діяльності курсантів у специфічних умовах авіавузу;

– недостатньою сформованістю у курсантів навичок самостійної пізнавальної діяльності.

Більшість досліджень і розробок методики самостійної роботи курсантів базуються на принципах загальноосвітньої діяльності та неповністю враховують специфіку підготовки авіаспеціалістів. Основним питанням формування й організації СРК є визначення дидактичних умов оптимізації такого процесу навчання, тобто таких чинників навчального процесу, що сприяють покращенню якості навчання. До таких умов можна віднести забезпечення професійної спрямованості навчального матеріалу, проблемність змісту навчання, використання різноманітних дидактичних технологій. Необхідною умовою впровадження самостійної роботи курсантів є відповідне наукове і методичне забезпечення.

На нашу думку, самостійна робота курсантів є ефективною і відповідає основним вимогам навчально-виховного процесу за таких дидактичних умов:

– наукова організація самостійної роботи курсантів;

– традиційні методи і прийоми організації самостійної роботи курсантів органічно поєднуються з використанням новітніх інформаційних технологій навчання;

– впровадження проблемного підходу у навчанні;

– застосування особистісно-орієнтованого підходу.

Самостійна робота курсантів у вищому навчальному закладі має бути органічним продовженням самоосвітньої діяльності учнів школи, під час якої мають бути сформовані вміння та навички до самостійної роботи. Але, на жаль глибина та міцність знань, отриманих у школі, вміння та навички самостійного навчання значною мірою визначають успішність засвоєння

програми вищого закладу освіти. На початкових етапах навчання у вищому навчальному закладі важливо отримати об'єктивну оцінку рівня розвитку самостійності курсанта та підготовленості його до вивчення фізики, що в свою чергу дозволить своєчасно відкоригувати її викладання і правильно організувати самостійну роботу курсантів.

Самостійна робота курсантів може здійснюватися як опосередковано, за допомогою використання методичних вказівок, так і безпосередньо під контролем викладача, шляхом проведення консультацій, бесід, колоквіумів, семінарських занять. Також можна говорити й про два види самостійної роботи курсантів: аудиторна самостійна робота, що здійснюється під безпосереднім керівництвом викладача на лекціях, семінарських і практичних заняттях, і позааудиторна самостійна робота курсантів при їхній підготовці до занять, написанні рефератів, курсових і дипломних робіт [2].

Структурними елементами самостійної діяльності є:

1) постановка мети діяльності й проблемних завдань;
2) визначення об'єкта діяльності;
3) вибір засобів пізнавальної діяльності;
4) вирішення поставленого завдання;
5) перевірка правильності розв'язання завдання.

Самостійна діяльність курсантів вимагає постановки таких пізнавальних завдань, які матимуть характер навчальної або наукової проблеми. При цьому вони можуть мати досить різноманітні форми пошуку, самостійного завдання, доповіді та ін.

Важливу роль для організації СРК відіграє *комплексний підхід.* Він передбачає:

– залучення до самостійної пізнавальної діяльності курсантів з урахуванням рівня їх підготовленості та індивідуальних особливостей;

– взаємозв'язок та послідовність при постановці чи розробці таких завдань;

– поступовий перехід від простих завдань до більш складних, з посиленням їх творчого характеру;

– забезпечення чіткого планування та систематичного контролю самостійної роботи курсантів;

– використання різноманітних організаційних форм самостійної роботи [3].

Запорукою успішної організації самостійної роботи є *створення відповідних умов*, а саме:

1. *Забезпечення чіткого планування* навчального процесу, а саме:
   – необхідності визначення обсягу та виду самостійної роботи;
   – встановлення терміну її виконання;
   – передбачення консультативної методичної допомоги з боку викладача;
   – забезпечення стабільності і оптимальності розкладу занять.

2. *Зацікавленість курсантів майбутньою професією*, їхнє ставлення до процесу набуття нових знань, умінь та навичок. Важливо, щоб кожен курсант чітко усвідомлював, яке значення має дана самостійна робота для процесу набуття знань, для майбутньої професійної діяльності.

3. *Забезпечення планомірного контролю знань* курсантів. Форми та методи контролю мусять бути максимально гнучкими та конкретними, методично обґрунтованими. Наявність поточного та підсумкового контролю привчає курсантів до систематичної роботи, сприяє ефективному засвоєнню нових знань, умінь та навичок.

4. Відповідне *матеріально-технічне забезпечення* навчальними аудиторіями, методичними кабінетами, науковими лабораторіями з сучасним обладнанням, комп'ютерною й обчислювальною технікою; необхідними приладами та інвентарем. Слід передбачити достатню забезпеченість курсантів навчально-методичною та науковою літературою.

Самостійна робота, на нашу думку, буде більш ефективною, якщо в ній приймають участь курсанти малими групами по дві-три особи. В цьому випадку має місце більш посилений фактор мотивації і інтелектуальної взаємної активності, підвищується ефективність пізнавальної діяльності курсантів завдяки взаємному контролю. Участь партнера (чи партнерів) у самостійній роботі перебудовує психологію курсантів, допомагаючи об'єктивно оцінювати як результати самої роботи, так і взагалі навчальної діяльності. Допомагає, також і викладачеві, оперативніше і більш достовірніше оцінювати і контролювати процес і результати самостійної роботи курсантів за допомогою партнерів курсантів по малих групах.

Висновки.

Проведені нами теоретичні дослідження з даної тематики довели, що СРК допомагає успішно зміцнювати і поглиблювати знання, підвищувати позитивну мотивацію навчання, вдосконалювати професійні вміння і навички, формувати інтерес до пізнавальної діяльності, розвивати у курсантів пізнавальні здібності, виховувати культуру розумової праці.

Оптимальне використання усіх видів самостійної роботи, знання функцій, дотримання умов її здійснення допоможе успішно вирішувати ті завдання, які стоять перед вищою школою, та виховувати творчу особистість, збагатить процес проведення самостійної роботи, зробить його цілеспрямованим і дійовим.

Література:

1. Козаков В.А. Самостоятельная работа студентов и ее информационно-методическое обеспечение. – К.: Выща шк., 1990. – 248 с.
2. Шимко І.М. Форми керівництва і контролю самостійної роботи студентів. – Засоби навчальної та науково-дослідної роботи //Збірник наукових праць. Випуск 8-9. – Харків: ХДПУ, 1998.
3. Ягупов В.В. Педагогіка: Навч. посібник. – К.: Либідь, 2002. – 560 с.

НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНІ СУПЕРЕЧНОСТІ ЯК ПЕРЕДУМОВА ПОШУКОВОЇ КВАЗІСАМОСТІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ НА ЗАНЯТТЯХ З ФІЗИКИ

О.Т. Проказа, О.В. Грицьких
м. Луганськ, Луганський національний педагогічний університет
імені Тараса Шевченка

Головним напрямком реформування системи освіти в нашій країні слід вважати рух до людини, звернення до її духовності. А головна мета – створити оптимальні педагогічні умови для самостановлення, саморозвитку і самореалізації кожної особистості.

Особистість це досить складна система, елементами якої мають бути різноманітні взаємодіючі сфери: ціннісно-орієнтаційна, мотиваційна, інтелектуальна, емоційно-вольова, художньо-естетична, морально-етична.

В процесі вивчення фізики всі сфери особистості відіграють певну позитивну роль і разом з тим всі вони повинні розвиватись. Ефективність цього розвитку залежить від змісту і структури навчально-пізнавальної діяльності учнів.

Фізика, як навчальний предмет, є педагогічним еквівалентом фізики, як науки. Специфіка фізики полягає в тому, що вона в найбільшій мірі спирається на інтелектуальну сферу особистості, і, разом з тим, в найбільшій мірі має сприяти її розвитку.

Прогностична модель системи освіти має сенс за умови гуманного суспільства і правової держави, які визнають і стверджують загально-людські цінності. Загальнолюдські цінності мають бути в центрі нової парадигми системи освіти. Пріоритет гуманістичної спрямованості системи освіти передбачає оптимальне поєднання загальнолюдських цінностей з національними і особистісними інтересами.

Отже, як головну задачу вивчення фізики необхідно виділити задачу створення належних педагогічних умов для формування особистості з позитивними якостями з точки зору загальнолюдських цінностей. Такими позитивними якостями особистості мають бути її система наукових знань, володіння способами діяльності на основі наукових знань, в тому числі і досвідом творчої діяльності.

Процес навчання суперечливий за своєю сутністю. З одного боку, з метою розуміння навчального матеріалу з фізики його треба значно спрощувати. Оскільки ж наукові фізичні закони й поняття спростити неможливо в принципі, виникає необхідність розглядати досить прості фізичні ситуації. А це, з іншого боку, створює ілюзії елементарності і простоти наукового пізнання навколишнього світу. До того ж, досить просте й елементарне – не завжди цікаве. Цікавим виявляється незвичайне, яке викликає подив, захопленість, а розуміння незвичайного приводить до появи радощів пізнання.

Таким чином, виникає навчальна потреба створювати такі педагогічні ситуації, які є передумовою виникнення пізнавального інтересу і детермінують пізнавальну активну діяльність студентів (школярів). Одним із засобів створення таких ситуацій (проблемних ситуацій) є цілеспрямоване "конструювання" навчально-пізнавальних суперечностей з метою реалізації проблемно-пошукових методів навчання на заняттях з фізики. Це стає можливим на основі специфічної дидактичної обробки логічної структури змісту навчального матеріалу. Перерахуємо ці можливості і на деяких конкретних прикладах розглянемо інноваційні технологічні розробки.

Отже, навчально-пізнавальні суперечності в процесі вивчення фізики виникають тоді, коли цілеспрямовано створюються:

1. Суперечність між життєвим досвідом студентів (учнів) і науковими знаннями.

2. Суперечність між поверховими навчальними і глибокими науковими знаннями.

3. Суперечність між попередніми знаннями студентів (учнів) і демонстраційним дослідом.

4. Суперечність між двома дослідами.

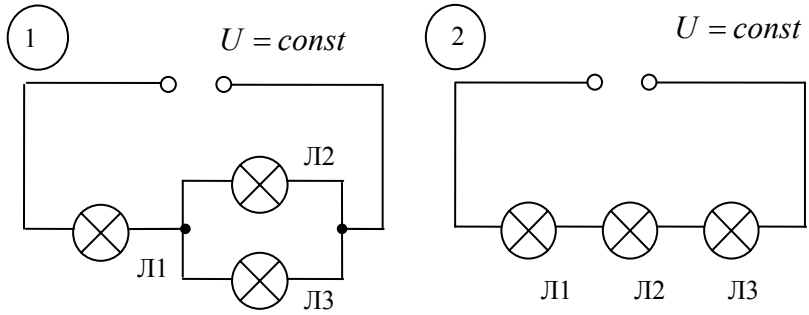
5. Суперечність між двома теоретичними висновками.

6. Суперечності, які виникали в процесі наукового пізнання та потребують специфічної дидактичної обробки з метою перетворення їх у навчально-пізнавальні суперечності.

Наведемо приклад „сконструйованої" нами суперечності між теоретичними розрахунками і результатами дослідів.

Маємо джерело струму з постійною напругою (наприклад, ВС-24М), три лампочки по 3,5 В (або 2,5 В, або по 6 В від комплекту ПДСМ), з'єднувальні провідники.

Вчитель пропонує розглянути дві схеми і зіставити сили струму в лампочках.



$$R = R_л + 0{,}5R_л = 1{,}5R_л$$

$$I = I_1' = \frac{U}{1{,}5R_л}$$

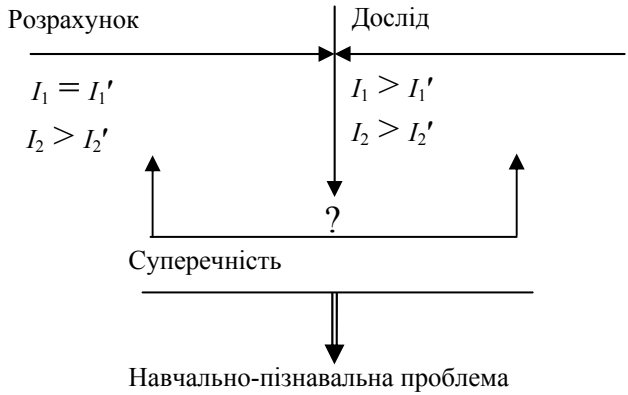
$$I_2' = I_3' = \frac{1}{2} \cdot \frac{U}{1{,}5R_л} = \frac{U}{3R_л}$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = \frac{U}{3R_л}$$

Порівнюємо I_2 і I_2', а також I_3 і I_3'. Робимо висновок, що $I_2 = I_2'$ і $I_3 = I_3'$.

Виконуємо досліди, з яких витікає, що в першій схемі Л2 і Л3 світять яскравіше, ніж у другій схемі. Це означає, що $I_1 > I_1'$ і $I_2 > I_2'$.

Маємо суперечність між теоретичними розрахунками і результатами дослідів.



Треба звернути увагу студентів (учнів) на Л1, якщо ніхто із них не здогадався це зробити. Візуально досить переконливо можна спостерігати, що Л1 у другому досліді світить значно яскравіше. Це і зрозуміло, адже і розрахунки показали, що $I_1 > I_1'$. Звідси витікає, що температура нитки розжарювання Л1 у другому досліді більша, а отже більшим є і опір Л1, тобто $R'_{Л1} > R_{Л1}$. Тоді сила струму $I'_{Л1} < I_{Л1}$, а $I'_2 = I'_3 = 0{,}5I'_{Л1}$, тобто сили струму у другій і третій лампочках будуть меншими ніж $I_2 = I_3 = \frac{U}{3R_л}$, що і відповідає результатам дослідів.

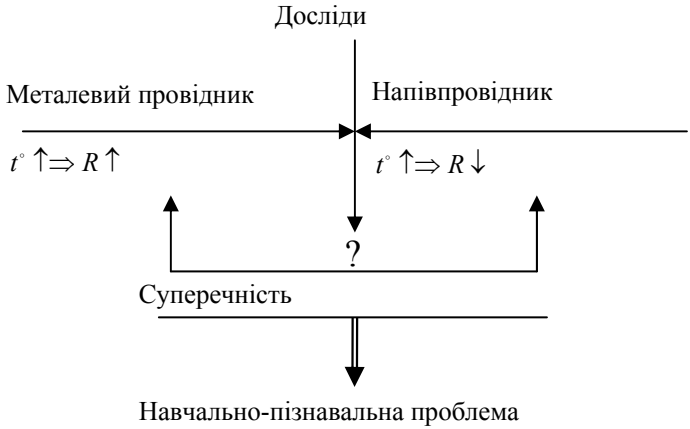
Розглянемо ще один прилад “конструювання” навчально-пізнавальної суперечності, що виникає між результатами двох дослідів, що демонструються до пояснення фізичної сутності залежності $R = R(t^o)$ у напівпровідниках.

Логічну структуру змісту навчального матеріалу представимо у вигляді семіотичної знакової системи. Звичайно, що учням необхідно детально пояснити сутність навчально-пізнавальної задачі.

$R(t^o)$ – ?

Cu, Ge – кристалічна структура.

“Механізм” опору: гальмування (розсіювання) на вузлах кристалічної решітки вільних електронів, які здійснюють спрямований під дією поля рух. Тому має бути: $t^\circ \uparrow \Rightarrow R \uparrow$.



<u>Вирішення проблеми</u>. Узагальнене визначення поняття опору

$\boxed{R = \frac{U}{I}}$ $\boxed{I = en\overline{\upsilon}S}$ Метал: $t^\circ \uparrow \quad n \approx const$

Напівпровідник: $t^\circ \uparrow \Rightarrow n \uparrow$

Структура в кожному випадку кристалічна, але ж типи зв’язку між вузлами різні. З підвищенням температури збільшується кількість розривів ковалентних (парноелектронних) зв’язків у напівпровідниках, а тому $n \uparrow$.

Маємо:

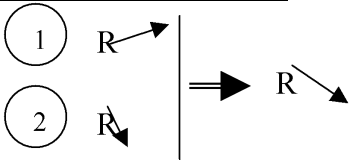
<u>Метал</u>

Ефект” теплових коливань | $t^\circ \uparrow \Rightarrow R \uparrow$ |

<u>Напівпровідник</u>

Отже, у напівпровідниках на опір впливають два чинника

„Ефект” концентрації носіїв заряду	$t^\circ \uparrow \Rightarrow n \uparrow$ $I = en\overline{\upsilon}S$	$\Rightarrow t^\circ \uparrow \Rightarrow R \downarrow$



Другий чинник діє „сильніше”

Звертаємо увагу на хід мислення і причинно-наслідкові зв’язки:

$t^\circ \uparrow \Rightarrow I \uparrow \Rightarrow R \downarrow$ (Досліди, спостереження)

$t^{\circ} \uparrow \Rightarrow R \downarrow \Rightarrow I \uparrow$ (Відтворений причинно-наслідковий зв'язок).

Зауважуємо, що досліди проводяться з використанням типового обладнання шкільного фізичного кабінету.

Інші приклади "конструювання" навчально-пізнавальних суперечностей на основі специфічної дидактичної обробки логічної структури змісту навчального матеріалу розглянуті нами раніше.

Висновки

1. Ми обмежились тільки одиничними прикладами цілеспрямованого створення навчально-пізнавальних суперечностей як передумови виникнення проблемних ситуацій на заняттях з фізики. Будемо пам'ятати слова К.Д. Ушинського, що передається не педагогічний досвід, а ідея, що з нього витікає.

2. Для удосконалення освітнього (навчання, виховання) процесу необхідні критично-аналітичний підхід, науково-теоретичні пошуки та технологічні розробки для втілення їх у педагогічну практику.

3. В методиці навчання фізики потребують удосконалення всі компоненти методичної системи.

4. Констатуємо, що педагогічна реальність передбачає необхідність перманентних творчих пошуків і досліджень на всіх рівнях.

5. Розвиток пошукових творчих здібностей студентів (учнів) це досить тривалий процес, і результат його залежить від змісту і структури навчально-пізнавальної діяльності, а отже і від методів і засобів навчання.

Література:

1. Проказа О.Т., Марченко О.І., Гречка О.О. Навчально-пізнавальні суперечності як передумова проблемних ситуацій на уроках фізики // Освіта Донбасу. – 2002. – №1(91). – С. 54–58.
2. Проказа А.Т. Урок на тему „Квантовые постулаты Бора. Излучение и поглощение света атомом" // Физика в школе. – 1990. – №6. – С. 75–78.

ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ НАУКОВИХ ДОСЯГНЕНЬ У КУРС ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

О.М. Трифонова, М.І. Садовий
м. Кіровоград, Кіровоградський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка
dend_a@mail.ru

Наукові центри здійснюють дослідження явищ мікросвіту, які поповнюють теоретичні основи навчального матеріалу та їх практичне впровадження. За результатами аналізу їхньої діяльності визначено актуальність своєчасної модернізації і удосконалення змісту фахової підготовки майбутніх вчителів фізики в плані підвищення науковості.

Розв'язання визначених проблем вимагає корегування дидактичних принципів та відповідної організації навчально-виховних процесів підготовки майбутніх вчителів фізики в умовах розвитку інформаційного суспільства.

Підвищення науковості професійної підготовки в першу чергу передбачає своєчасне впровадження до програм і змісту відповідних курсів новітніх теоретично обґрунтованих і відносно завершених теоретичних основ, елементів знань, умінь і навичок.

Загальні тенденції розвитку інформаційного суспільства суттєво впливають на розвиток сучасної вищої школи, вимагають внесення до змісту навчального матеріалу новітніх понять, які відповідають сучасному рівню розвитку науки. Вказані зміни навчального матеріалу вимагають відповідної підготовки майбутнього вчителя фізики. При викладанні курсу загальної фізики необхідно розробити методику вивчення новітніх понять, зокрема, на особливу увагу заслуговує «темна енергія».

Говорячи студентам про дані елементи знань, необхідно зауважити, що незабаром після Великого вибуху, через півмільйона років, почалася епоха, коли у Всесвіті стало темно, порожньо і холодно: у Всесвіті не було жодної зірки, жодної галактики. Темна епоха продовжувалася приблизно 250 мільйонів років.

Термін «Великий вибух» ввів відомий астрофізик Фред Хойл і пов'язав його з початком розбігання Галактик. Розбігання Всесвіту розпочалось 13,7 мільярда років. У сингулярності відбувся за невідомих нам причин вибух, який розкидав навколо всю речовину з такою швидкістю, що вона летить до цього часу. З підрахунком вибуху в астрофізиків виникають великі труднощі не лише з матерією, а й з часом. Значна частина космологів вважає, що до Великого вибуху не існувало простору та часу.

Дві групи вчених, одна в США, а друга в Австралії, майже одночасно виявили, що найбільш далекі наднові зірки світять не так яскраво, як цього чекали, виходячи з того, що Всесвіт заповнено матерією, яка гравітує за за-

коном Ньютона: обернено пропорційно квадрату відстані. Це означає, що вони розташовані від нас далі, ніж повинні були знаходитись, якби Всесвіт розширювався у полі звичайних гравітаційних сил. Таким чином, з достовірністю 99% можна стверджувати, що у Всесвіті повинна бути ще якась додаткова енергія, здатна на космологічних відстанях протистояти гравітаційному притяганню матерії. Така додаткова енергія дістала назву «темна енергія» [3, 111].

У Всесвіті існує величезна кількість Галактик. Космічний телескоп Хаббла дозволяє спостерігати сотні скупчень яскравих зірок у нашій галактиці і найближчих галактиках. Ці скупчення у галактиках називаються за їхньою формою кульовими скупченнями; вони утворюють компактні групи від 100 тисяч до ~1 мільйона зірок [5].

У першому випуску журналу «Саенс» опублікована серія повідомлень про спостереження кульових скупчень. Американські астрономи Краус і Чабойер (Krauss and Chaboyer) одержали оцінку віку ранніх кульових скупчень і Всесвіту, який становить щонайменше 11,2 мільярда років. Їхні спостереження та аналіз підтверджують гіпотезу про домінування «темної енергії» у Всесвіті (енергії невидимої речовини, що володіє масою) [5].

Як уявляється у сучасній науці, звичайна матерія у Всесвіті складає лише 4,4% від загальної його маси, близько 23% припадає на темну матерію, ну а більшість, понад 70%, – на темну енергію [5].

За наявними оцінками, прискорення розширення Всесвіту почалося приблизно 5 мільярдів років тому. Передбачається, що до цього воно уповільнювалося, завдяки гравітаційній дії темної матерії та баріонної матерії. Густина темної матерії у Всесвіті, що розширюється, зменшується швидше, ніж густина темної енергії. Зрештою, темна енергія починає домінувати. Наприклад, коли об'єм Всесвіту подвоюється, густина темної матерії зменшується удвічі, а густина темної енергії залишається майже незмінною [5].

Під час розгляду матеріалу про темну енергію варто поставити перед студентами питання: «Звідки виникає темна енергія?» А потім, відповідаючи на нього, слід наголосити, що вчені намагаються знайти відповідь, комбінуючи рівняння ЗТВ з рівняннями стану речовини. Під рівняннями стану речовини розуміється взаємозв'язок між густиною повної енергії ε і тиском p. Таким рівнянням у найпростішому вигляді є рівняння Клапейрона $p = \frac{2k\varepsilon_k}{3} = \frac{2k(\varepsilon - \rho)}{3}$, де k – постійна Больцмана, ε_k – густина кінетичної енергії, ρ – густина маси спокою [3, 112].

В нерелятивістському середовищі маса набагато перевищує кінетичну енергію частинок, а тиск набагато менший у порівнянні з густиною повної енергії. Цією величиною можна знехтувати, прирівнявши її до нуля. У релятивістському середовищі, навпаки величина маси набагато перевищує кінетичну енергію, а густина енергії втроє більша тиску $\varepsilon+3p=0$, тобто вони від-

різняються лише знаком, отже $\frac{\varepsilon}{3p} = -1$. Тому вакуум повинен бути релятивістськи інваріантним, тобто у всіх системах координат повинен бути однаковим, а рівняння стану повинне бути єдиним, яке відповідає цій вимозі. На перший погляд може здатися, що у вакуумі взагалі немає нічого і $p=\varepsilon=0$. Але такі аргументи справедливі у рамках класичної фізики. Зараз дослідним шляхом встановлено, що густина енергії квантового вакууму може значно відрізнятися від нуля [3, 112].

Ми з'ясували, що в методиці навчання фізики у вищій школі не розглянуто питання гравітаційного тиску. Щодо рівнянь СТВ, то в них тиск, який гравітує, тобто в певній мірі стає еквівалентним масі (енергії), і знак повної гравітаційної взаємодії визначається знаком суми $\varepsilon+3p$. Якщо він додатній, то для будь-якого середовища, крім вакууму, має місце притягання. Виявилось, що у вакуумі може бути що завгодно: $\varepsilon_{вак}+p_{вак}=0$, $\varepsilon_{вак}+3p_{вак}=2p_{вак}$ і все залежить від знака тиску. Якщо $p_{вак}<0$ і відповідно $\varepsilon\leq 0$, то якісно мало що змінюється. Вакуум або ніяк не впливає, або ж додасть деяке додаткове рівномірне «розмазання» по Всесвіту притягання. Але якщо $p_{вак}\geq 0$, то відповідно $\varepsilon_{вак}>0$, тоді вакуум добавить антигравітаційну складову – відштовхування, що є суттєвим. Так як ця енергія рівномірно «розмазана» по всьому простору і з ростом відстані вона все сильніше впливає на тяжіння локалізованої матерії, то рано чи пізно забезпечить перевагу виштовхування матерії за межі простору, а не її притягання. Формально такий режим можна змоделювати математично, ввівши додатну космологічну константу. Вакуум ЗТВ з ненульовою космологічною константою детально вивчено під назвою «світ де Сіттера» (так прийнято називати розв'язки рівнянь ЗТВ з космологічною постійною, які описують вакуумний стан). Властивості цього стану залежать від знака цієї постійної і докорінно відрізняються від пустого вакууму. Рівняння ЗТВ з додатною космологічною константою включає в себе не лише гравітацію, а й антигравітацію, і може на перший погляд розкрити фізичний зміст хоч на певну математичну інтерпретацію темної енергії. Але тут виникає ряд методичних проблем. Одна з таких проблем полягає в тому, що у студентів необхідно сформувати поняття величини космологічної константи, яка необхідна для пояснення розмірів Всесвіту за допомогою інфляційної моделі, набуває такої величини, що темна зараз енергія повинна перевищити енергію звичайної матерії приблизно на 120 порядків, тобто у 10^{120} разів. Реально вона зараз має однаковий порядок. З перебудовою вакууму у ранньому віці Всесвіту фазовий перехід активно здійснювався, і космологічна константа змінила своє значення. Постало запитання: чому на 10^{120}, а не інший порядок? На це запитання фізики інтенсивно шукають відповідь, включивши дослідження по всьому часовому спектру – від раннього до сучасного Всесвіту [3, 113].

Рівняння стану темної енергії, які описує Всесвіт на різних етапах його

еволюції, також змінювалось з часом. Рівняння стану темної енергії досліджувались за відповідними величинами червоного зміщення. Воно визначається за параметрами $z \equiv \frac{\lambda_0 - \lambda_e}{\lambda_e}$, де λ_0 – довжина хвилі випромінювання, яке приймається, λ_e – довжина хвилі випромінювання, яке здійснює їх джерело. Ці величини одержують безпосередньо зі спостережень. З практичної точки зору рівняння потрібно дослідити з всіх значеннях величини $1+z$ на всіх періодах розвитку Всесвіту: від раннього, коли $\frac{1}{1+z} << 1$ і $z>>1$, до наших днів, коли $(1+z)=1$, тобто $z=0$. У такий спосіб космологи одержать інформацію про сповільнення розширення Всесвіту внаслідок притягання звичайної матерії і про прискорення темної вакуумної енергії в різні історичні періоди аналогічно тому, як про зміни клімату на Землі судять по ширині кілець спиляних дерев. В цих дослідженнях перевага віддається надновим зіркам, яскравість яких дозволяє судити про їх віддалення від спостерігачів, тобто про момент Великого вибуху. Червоне зміщення у спектрах – це не що інше, як співвідношення розмірів Всесвіту зараз і на той час. Взяті в сукупності, вони дадуть повну картину про характер еволюції Всесвіту [4].

За результатами аналізу досліджень з фізики ми розглянули методику вивчення студентами другого напрямку перспективних досліджень, який включає накопичення даних про зростання швидкості формування крупномасштабних структур у Всесвіті типу накопичення Галактик.

До третього напрямку належать дослідження з виявлення надзвичайно малих просторових флуктуацій темної енергії надточними вимірюваннями мізерної анізотропії спектра реліктового випромінювання.

Другий та третій напрямки обмежені природними невизначеностями того, що існує лише один Всесвіт і немає можливості здійснити інші спостереження для співставлення та аналізу [3, 114].

Студентам слід зазначити, що це далеко не все відомо про темну енергію. Зокрема, вчені роздумують, чи стискується темна енергія і чи змінюються її властивості з часом. Якщо темну енергію виразити через масу, то у міжгалактичному кубі з ребром в 170 тисяч км вміщається 1 грам звичайної речовини, 10 грамів темної маси і 25 грамів темної енергії. Тому вакуум є середовищем, яке має найбільшу густину у Всесвіті. На відміну від темної і звичайної матерії, розподіл яких неоднорідний, густина вакууму абсолютно однакова у всьому Всесвіті. Крім густини, вакуум має постійний тиск, не дивлячись на те, що Всесвіт продовжує розширення. На відміну від реліктового випромінювання, рух відносно вакууму не виявляється. Вакуум завжди попутний, як було виявлено ще у дослідах А. Майкельсона в 1881 р. На вакуум ніщо і ніде не впливає [1; 2].

В традиційній методиці навчання фізики у вищій школі відсутнє поняття темної енергії і пояснення Всесвіту було пов’язане з геометрією простим

чином: Всесвіт розширюватиметься завжди, якщо він відкритий або плоский. Всесвіт припинить розширюватися і стискатиметься до Великого хрускоту (to a Big Crunch), якщо він замкнутий. В більшості космологічних виданнях до 1998 р. поняття темної енергії було відсутнє. З темною енергією зв'язок між геометрією і поясненням Всесвіту загублений, і майбутня доля теорії Всесвіту залежить повністю від того, як розвиватиметься домінуюча в сьогоденні темна енергія.

Тому під час навчання студентів наголошуємо: якщо $w<-1$ і w ($w = p/c$ – космологічна константа) не залежить від часу, масштабний чинник розходиться до кінцевого часу в майбутньому – Великого розриву (Big Rip). Взагалі кажучи, цей момент віднесений в майбутнє, принаймні, настільки ж далеко, як Великий вибух – в минуле [6].

Якщо допускаємо часову залежність $w(t)$, то можливі результати:

1. Всесвіт нескінчений, темна енергія домінує у всі майбутні часи.

2. Зникнення темної енергії, коли у Всесвіті знову починає домінувати матерія.

Особливої методичної уваги заслуговує випадок, коли $w<-1$, який приводить до цікавих у теоретичній фізиці загадок [6].

Енергетична густина темної енергії мала в порівнянні з густиною енергії, наприклад, для звичайного макроскопічного магнітного поля близько 10 Тл. Фазовий перехід 1 порядку може бути успішно призупинений тільки відділенням темної енергії від всіх видів сил, окрім гравітаційних. Аргументом міг би бути той факт, що між галактиками або великими об'єктами у такому разі повинні відбуватися зіткнення.

Після цього варто зробити загальний висновок – не може бути ніякого мікроскопічного ефекту темної енергії. Це робить темну енергію дуже важкою або неможливою для дослідження в лабораторних умовах, за винятком астрономічних спостережень.

На увагу студентів заслуговує і той факт, що багатьма теоретиками відмічено, що густина темної енергії ~ $(10^{-3}\ \text{еВ})^4$.

Такі моделі із змінною масою нейтрино намагаються встановити пряму ідентифікацію густини темної енергії з масою самого нейтрино.

По завершенню вивчення поняття темної енергії варто сформулювати для студентів наступні висновки:

1. Теоретичні дослідження мають характер пропозицій до пояснення темної енергії.

2. Природа темної енергії є важливою для космології і фізики частинок, що потребує більшої кількості спостережень наднових зірок типу 1А у експериментах, запропонованих, наприклад, SNAP. Спостережувальні обмеження накладено і на космічне мікрохвильове фонове випромінювання, наприклад, виконаних представництвом фонду Планка. Практично припинені дослідження темної енергії в країнах СНД.

3. Рівняння стану повинне бути вирішальним: якщо $w=-1$, є проблема

тонкого підстроювання і проблемою збігу; якщо $w>-1$, то квінтесенція отримає «постріл з рушниці»; якщо дані схилятимуться до $w<-1$, то можна бути присутніми у розквіті революції в теорії, заснованій на загальній відносності, на дуже великих просторових масштабах, що є проблематичним [6].

Висновки складають основу новітніх методичних знань в галузі космології. Тому вирішенню проблеми підвищення науковості процесу підготовки майбутніх вчителів фізики сприятиме, зокрема, доповнення нині існуючих навчальних програм запропонованим матеріалом. Коригування змісту навчальних курсів фізики вказує на потреби зміни їх структурування, доповнення елементами новітніх вагомих відкриттів і досягнень. Це вимагає корегування дидактичних принципів: наступності, послідовності, зростаючої складності, тощо; вилучення необґрунтованого дублювання змісту, елементів тавтологій, удосконалення структурно-логічних зв'язків між традиційними і новими елементами теоретичних викладок.

Література:

1. Гинзбург В. «Ожидаемые» и «неожидаемые» открытия // Наука и жизнь. – 2004. – №12. – С. 12-13.

2. Ксанфомалити К. Темная вселенная. Сюрприз космологии к 100-летию открытия Эйнштейна // Наука и жизнь. – 2005. – №5. – С. 58-69.

3. Садовий М.І., Трифонова О.М. Окремі питання сучасної та традиційної фізики. – Навчальний посібник для студентів педагогічних навчальних закладів освіти. – Кіровоград: Видавництво ПП «Каліч О.Г.», 2007. – 138 с.

4. Тайны Вселенной // Наука и жизнь. – 2005. – №5. – С. 2-3.

5. www.epochtimes.com.ua

6. Фрэмптон П. (11 сентября 2004) Темная энергия [WWW документ]. URL http://www.astronet.ru/db/msg/1214696 (15 лютого 2008)

ON-LINE І OFF-LINE ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЇ ВИКЛАДАННЯ КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ В ТЕХНІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ

Г.П. Чуйко[α], І.Ф. Погребняк[β]
м. Херсон, Херсонський національний технічний університет
[α] gp47@mail.ru
[β] irina_p78@mail.ru

У вищих навчальних закладах у зв'язку з переходом до кредитно-модульної системи організації навчального процесу перевага віддається активним методам навчання, які спрямовані на формування у студентів самостійності, гнучкості, варіативності, критичності мислення. В таких умовах на перший план виходить проблема підвищення результативності самостійної роботи студентів, розробка дидактично обґрунтованих підходів до її проектування та організації, впровадження ефективних методів управління її виконанням. Найпотужнішим джерелом пізнавальної активності студентів, розвитку їхніх творчих здібностей, інтересів, умінь і навичок та інших інтелектуальних чинників є сьогодні нові інноваційні технології.

Інноваційні технології в освіті – це насамперед інформаційні й комунікаційні технології, нерозривно пов'язані із застосуванням комп'ютеризованого навчання.

Інформатизація навчального процесу сприяє впровадженню нових організаційних форм і методів навчання. Доцільність застосування інформаційних технологій зумовлена:

– економією навчального часу за рахунок автоматизації операцій обчислювального характеру;

– підвищенням наочності матеріалу та полегшенням його сприйняття завдяки компактному і чіткому поданню навчальної інформації;

– інтенсифікацією навчання за рахунок алгоритмізації процесу розв'язування навчальних задач;

– розширенням та поглибленням змісту навчання з дисципліни, що вивчається, за рахунок організації експериментально-дослідницької діяльності студента на основі моделювання процесів і явищ;

– здійсненням оперативного контролю за результативністю навчання.

Інформаційні технології привносять у навчальний процес широкий спектр нових управлінських засобів. З точки зору управління самостійною роботою студентів доцільно визначити такі їх види, як:

– засоби надання навчальної інформації: довідкові системи, електронні енциклопедії та словники, комп'ютерні навчальні курси тощо. За їх допомогою можна організувати репродуктивні самостійні роботи студентів (опрацювання лекційного матеріалу, вивчення нового матеріалу за вказаним джерелом інформації, використання теоретичного матеріалу для розв'язання задач за алгоритмом тощо), частково-творчі самостійні роботи

(вивчення або використання матеріалу за навідними питаннями, підготовка до практичної або лабораторної роботи, розв'язання задач тощо);

– засоби підтримки предметної та професійної діяльності: предметно та професійно-орієнтовані програмні середовища, віртуальні лабораторії, імітаційні системи тощо, метою яких є залучення студентів до експериментального дослідження. Застосування засобів підтримки предметної та професійної діяльності у самостійній роботі дозволяє реалізувати репродуктивні самостійні роботи (осмислення лекційного матеріалу), частково-пошукові (опрацювання теоретичного матеріалу на динамічних моделях або закріплення знань за заданим алгоритмом тощо) або творчі роботи (планування та проведення комп'ютерного експерименту для вивчення певного явища чи об'єкта, розробка оригінальної власної моделі тощо). Слід наголосити, що самостійні роботи, орієнтовані на комп'ютерний експеримент, роблять студента не простим спостерігачем, а активним учасником навчання. Набуття знань проходить через діяльність, і вони дійсно стають власним надбанням студента;

– засоби опрацювання, оформлення та презентації результатів самостійної роботи: програми статистичної обробки даних, табличні процесори, текстові редактори, системи підготовки електронних презентацій тощо. Такі засоби є необхідним елементом навчального процесу, адже заощаджують працю, час, розумові зусилля при виконанні розрахунків, графічних побудов тощо. Оформлення різнопланової документації, опрацювання та подання результатів лабораторних досліджень у електронній формі – все це стає невід'ємним атрибутом навчальної діяльності, і перш за все самостійної роботи;

– засоби автоматизованого контролю знань спираються на ідеалізовану модель очікуваних знань та вмінь студента. Їх задача полягає у перевірці відповідності знань студента до цієї моделі за допомогою спеціально розроблених тестових завдань, структурованих за елементами навчального матеріалу та заданим рівнем його засвоєння. Сучасні засоби контролю містять вбудований апарат нагромадження статистичних даних про роботу користувача, за якими здійснюється оцінювання результатів цієї роботи. Автоматизовану систему контролю за знаннями студентів можна застосовувати не лише в режимі контролю, але й в режимі самоперевірки (наприклад, перед колоквіумом, контрольної чи лабораторною роботами). Зауважимо, що останній режим роботи, по-перше, привчає студентів до самоконтролю і підвищує рівень їх самостійності, а по-друге, незалежність контролю від оцінки у відомості орієнтує студентів на пізнавальну активність, де метою і мотивом дій виступає не кількісний результат, а бажання отримати об'єктивну інформацію про рівень своїх знань з тим, щоб свідомо планувати свою подальшу навчальну діяльність.

Засоби автоматизованого контролю знань є ефективним інструментом аналізу результативності навчання. На основі їх використання можна реалі-

зувати репродуктивні самостійні роботи студента:

– засоби подання навчально-методичного забезпечення дисципліни: електронні каталоги навчальної літератури та дидактичних ресурсів мережі Інтернет навчального призначення, електронні банки індивідуальних завдань тощо. Програму дисципліни, заплановані контрольні заходи для визначення результативності навчальної діяльності студентів доцільно розташувати на сайті освітнього закладу, де студент знайомиться з обсягом самостійної роботи, з графіком її виконання, з вимогами до оформлення, оцінювання її результатів;

– автоматизовані засоби реєстрації та рейтингового оцінювання поточних результатів навчальної діяльності дозволяють реалізувати облік і збереження індивідуальних завдань для самостійної роботи кожного студента, здійснити поточний аналіз його діяльності, врахувати його досягнення, визначити поточний рейтинг тощо.

Кафедра загальної та прикладної фізики Херсонського національного технічного університету активно впроваджує комп'ютерні технології у навчальний процес.

По-перше, було створено електронні навчальні курси з дисциплін «Загальна фізика», «Вища освіта України і Болонський процес», «Математична фізика». Кожен з них містить: робочу програму; курс лекцій; підручники; збірники задач та методичні вказівки до розв'язання задач; лабораторні роботи та правила оформлення звітів для їх захисту; індивідуальні семестрові завдання для кожного студента; демонстраційні матеріали; тести для самоперевірки з окремих розділів. Даними навчальними курсами користуються всі студенти, що вивчають дані дисципліни. Це є прикладами off-line засобів комп'ютеризації викладання.

На завершальному етапі знаходиться електронна бібліотека з дисципліни «Загальна фізика» на новій технічній базі, що передбачає:

– створення CD-R різноманітних навчальних матеріалів у зручній для читання формі і без можливості друку;

– підтримка електронної бібліотеки наукових і допоміжних матеріалів, які мають бути доступні у внутрішній мережі інституту та на сайті в Internet (on-line засоби).

Найбільш простою формою аудиторного контролю є письмові контрольні роботи, які мають свої недоліки. Було прийнято рішення про поступове припинення використання аудиторних контрольних робіт. У зв'язку з цим, однією з актуальніших задач для кафедри стає пошук нового механізму контролю знань студентів. Пріоритетною формою проміжного контролю знань було визначено проведення контрольних робіт у формі виконання тестових завдань із використанням комп'ютерних технологій. Комп'ютерне тестування дозволяє перевірити знання з усіх тем курсу, за припустимий ресурс часу і без безпосередньої участі викладача.

Розробленням тестових завдань безпосередньо займався завідувач ка-

федрою, після чого було проведено навчальну семінар-нараду з викладачами кафедри. Надалі було затверджено інструкцію по організації робіт з впровадження тестових завдань для проміжного та підсумкового контролю знань і вмінь студентів факультетів університету.

З цього навчального року за кредитно-модульною системою організації навчального процесу будуть навчатися і студенти заочного та дистанційного навчання. В даному випадку коректно використовувати поняття дистанційного навчання (ДН).

Традиційне тлумачення ДН зводиться до констатації відсутності безпосереднього та безперервного керівництва з боку викладача роботою студентів в аудиторії (приміщеннях навчального закладу). Проте навчальний заклад планує, здійснює навчання та керує ним. ДН набуло признання як форма освіти завдяки механізму чіткого відокремлення його від інших форм за рахунок таких чинників:

– існування фізичної віддаленості студента і викладача (на відміну від навчання “віч-на-віч”);

– вплив навчального закладу (на відміну від самоосвіти);

– використання технічних засобів, а саме інформаційно-комп’ютерних технологій (Інтернету, електронної пошти, комп’ютерних конференцій, чатів), які об’єднують викладача та студентів і передають зміст навчання;

– забезпечення двосторонньої комунікації між учасниками навчального процесу;

– можливість періодичних зустрічей між учасниками навчального процесу з різними цілями;

З огляду на значне збільшення кількості Інтернет користувачів взагалі та серед студентів зокрема та з поширенням використання Інтернету для навчальних цілей, можна стверджувати про взаємопроникнення різних форм освіти: очної, заочної та дистанційної, яке супроводжується взаємозбагаченням, підвищенням ефективності та якості навчання.

Для студентів заочного та дистанційного навчання, як і для студентів денної форми навчання, використовуватиметься оболонка SunRav TestOfficePro4 для створення тестів. Ця тестова система поєднує в собі простоту, надійність та винахідливість. Найголовніший здобуток – інтуїтивна доступність інтерфейсу для користувача, яка забезпечується науково обґрунтованими способами подання інформації (шрифт, колір, розмір, фон і нічого зайвого). Студенти і слухачі з першого разу опановують систему і жодної скарги на незрозумілість не було.

До комп’ютерної тестової системи входять: підсистема проведення тестування, підсистема створення тестів, підсистема обробки результатів. Аналітичні звіти містять розподіл учасників тестування за результатами. Викладач отримує роздруківку із зазначенням правильності відповідей на поставлені запитання, що забезпечує первинну діагностику знань усіх студен-

тів.

Студенти тести з певних розділів курсу фізики можуть отримувати на свій e-mail, а після проходження ними тесту результати надсилаються викладачу. Викладач опрацьовує результати, після чого студент отримає повідомлення з отриманою оцінкою та кількістю балів за тест (on-line засоби).

Тестове проведення екзаменів буде приводити до значного заниження оцінок порівняно з існуючим рівнем, тому можна прогнозувати претензії студентів на більш високі оцінки.

Висновки. Комп'ютерна форма навчання не порушує основні закономірності навчального процесу, а відкриває реальні перспективи удосконалення організації процесу навчання.

Усі комп'ютерні засоби навчання орієнтовані на реалізацію евристичних методів навчання, що стимулюють творчу активність студентів, спонукаючи їх до самостійного вибору власної стратегії розв'язання задач.

Таким чином, інформаційні технології сприяють підвищенню ефективності процесу навчання, його індивідуалізації, активній педагогічній взаємодії викладача й студентів, створюють оптимальні умови для творчого використання інформації в самостійній пізнавальній діяльності студентів.

Використання комп'ютерів сприяє оптимізації управління навчанням, підвищенню ефективності навчального процесу, значно економить час викладача на роботу з навчальними матеріалами, спрощуючи їх пошук, аналіз та відбір, та забезпечує можливість впровадження нових організаційних форм навчання.

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКТ З ФІЗИКИ У БУДІВЕЛЬНИХ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Н.Б. Бурдейна
м. Київ, Київський національний університет будівництва і архітектури
bvb@freenet.com.ua

Процеси європейської інтеграції охоплюють дедалі більше сфер життєдіяльності, включаючи вищу освіту. Пріоритетними завданнями державної політики України щодо розвитку освіти є: формування у молоді сучасного світогляду, розвиток творчих здібностей і навичок самостійного наукового пізнання, самоосвіти і самореалізації особистості; підготовка кваліфікованих кадрів, здатних до творчої праці, професійного розвитку, освоєння та впровадження наукоємних та інформаційних технологій, конкурентоспроможних на ринку праці; наступність і безперервність освіти; інноваційний характер навчально-виховної діяльності.

Особливого значення для підвищення наукового рівня підготовки майбутнього спеціаліста набуває фундаменталізація освіти у вищих навчальних закладах. Фундаментальна теоретична і практична підготовка значно розширює професійний кругозір спеціаліста, зокрема майбутнього інженера-будівельника, дозволяє цілісно бачити будь-яку наукову проблему або виробничу задачу, знаходити її оптимальне рішення. Ґрунтовні знання з теорії допомагають майбутньому спеціалістові осмислювати сутність явищ і закономірностей; переводити теоретичні ідеї у площину практичних дій; сприяють усвідомленню перспективних тенденцій; допомагають орієнтуватися у нових ідеях, технологіях, концепціях; визначати стратегію й тактику при розв’язанні практичних задач та проблем.

Вивчення фізики у вищих будівельних навчальних закладах має особливе стратегічне значення, оскільки готує підґрунтя на якому базується сприйняття і вивчення суто спеціалізованих будівельних дисциплін таких як “Теоретична механіка”, “Гідравліка”, “Опір матеріалів”, “Будівельна механіка”, “Технічна термодинаміка”, “Електротехніка”, “Будівельне матеріалознавство”, “Машини та обладнання технологічних процесів”, “Теплогазопостачання і вентиляція”, “Водопостачання”, “Фізико-хімічні методи досліджень”, “Фізична хімія”, “Метеорологія” тощо. Але викладачі фізики зіштовхується з проблемою – з одного боку, рівень підготовки студентів зі шкільного курсу фізики часто є недостатнім, для ефективного засвоєння обсягу дисципліни у вищому навчальному закладі, а з іншого, – час, що виділяється на аудиторне вивчення фізики досить обмежений, при цьому студенти не мають достатньо сформованих навичок і вмінь самостійного опрацювання навчального матеріалу та самоорганізації навчальної роботи.

Тому саме викладачі фундаментальних дисциплін протягом першого року навчання у майбутніх інженерів мають сформувати:

1) уміння відшукати та самостійно опрацювати навчальну інформацію;
2) вміння самостійно розв'язувати задачі прикладного змісту;
3) прагнення до більш поглибленого вивчення навчального матеріалу;
4) вміння самоорганізації та прагнення до самоосвіти.

Основою навчального забезпечення з фізики у вищих будівельних навчальних закладах при традиційній формі є підручник, лабораторний практикум, збірник задач та збірник завдань для індивідуальних розрахункових робіт. Складові традиційного навчального комплекту, якими користуються студенти і викладачі кафедри фізики КНУБА написані та складені різними авторами для технічних та педагогічних вузів загалом, тому не погоджуються з навчальною програмою інженерно-будівельних спеціальностей за змістом, структурою та послідовністю викладення матеріалу.

Виникає необхідність створення і впровадження навчально-методичного комплекту з фізики у вищих будівельних навчальних закладах, який би чітко регламентував усі види навчальної діяльності студентів і значно полегшував й спрощував роботу викладача, що в комплексі сприяло б оптимізації, інтенсифікації та активізації процесу навчання.

Складовими розробленого і запропонованого нами навчально-методичного комплекту з фізики у вищих будівельних навчальних закладах є „Фізика. Лекційний зошит", „Фізика. Лекційний конспект", „Фізика. Зошит для практичних та індивідуальних робіт", „Фізика. Лабораторний зошит" та „Фізика. Запитання та якісні задачі".

Зупинимось окремо на складових навчально-методичного комплекту з фізики у вищих будівельних навчальних закладах для різних форм організації навчального процесу.

Щоб якомога ефективніше використати відведений на лекційні заняття час у будівельних вищих навчальних закладах і не втратити методичний, дидактичний та науковий зміст лекцій, ми пропонуємо ввести індивідуальні *лекційні зошити*. Ідея розробки такого зошиту полягає у тому, що він представляє собою основу, на якій будується лекція.

У лекційному зошиті кожної лекції є така друкована інформація:

- тема лекції;
- загальний перелік питань, які висвітлюються під час даної лекції;
- порядковий номер і назва кожного питання;
- ключові частини означень або формулювань; назви законів чи формул;
- виведення формул, на які неефективно чи недоцільно витрачати лекційний час; виняткові пояснення лектора, що є унікальними через відсутність подібних тлумачень у книжках;
- координатні площини чи вісі, на яких впродовж лекції студент будуватиме графіки;
- заготовки під рисунки та їх пояснення;
- фотографії, схеми дослідів або демонстрацій;
- цікаві приклади та факти, застосування фізичних законів, закономірнос-

тей, процесів у будівельних галузях;

- чітке формулювання завдань, які студент мусить виконати самостійно або питань для самостійного опрацювання;
- список рекомендованої літератури.

Студенту, який має такий дидактичний матеріал, простіше зрозуміти структуру і тему розділу взагалі та лекції зокрема. Крім того студент може самостійно опрацювати необхідну частину теоретичного матеріалу, навіть якщо пропустить лекційне заняття. Перевіряючи за лекційним зошитом відпрацьоване заняття або завдання для самостійного вивчення, викладач буде мати можливість об'єктивно оцінити ступінь самостійності та якість опрацювання навчальної інформації.

Використання лекційного зошиту під час лекційних занять забезпечує такі можливості:

- економія лекційного часу, що дозволяє вносити у лекцію додаткові пояснення чи наводити більше прикладів, фактів тощо;
- активізація розумової діяльності студентів, що спонукає їх до спільного пошуку істини, міркувань, дискусій;
- перетворення стенографічного конспекту на логічно викладену та певним чином структуровану навчальну інформацію.

Проводити лекційне заняття з використанням лекційного зошита, на перший погляд, недоцільно, бо дуже важко весь час дотримуватись строго визначеного регламенту. Тому паралельно з розробкою лекційного зошита нами було складено *лекційний конспект*. Його структура, зміст і форма аналогічні до структури, змісту і форми лекційного зошита. Конспектуючи за викладачем основні положення, закони, закономірності, формулювання студент використовує лекційний зошит. Лекційний конспект – це навчально-методична розробка, призначена для користування викладачем під час підготовки і проведення лекційного заняття. Лекційний конспект стане у нагоді всім викладачам фізики вищих будівельних навчальних закладів; молодим викладачам, які тільки починають педагогічну працю; студентам стаціонарної, а особливо дистанційної, заочної та екстернатної форм навчання.

Зошит для практичних та індивідуальних занять було розроблено нами для оптимізації самостійної роботи при підготовці до практичних занять, активізації пізнавальної діяльності студентів та більш ефективного використання аудиторних годин виділених на практичні та індивідуальні заняття.

Він має наступну структуру і містить таку друковану інформацію:

1) *Передмова.* Складається з двох частин – змістовної та методичної. У змістовній частині описується структура зошита та розкривається зміст кожного розділу, описуються завдання для самостійного опрацювання та вимоги щодо його виконання. В методичній частині розкривається дидактико-методологічний зміст та визначається логічне структурування інформації.

2) *Частина І. Практичні заняття.* Цей розділ в основному призначений для самостійного опрацювання теоретичного матеріалу при підготовці до практичних занять. Його складові:
   - тема практичного заняття;
   - вимоги до знань, навичок та вмінь, передбачені програмою;
   - основна частина – перелік формул, законів та закономірностей, які студент повинен написати або дописати. Зрозуміло, що якщо студент переписав готові формули, не заглядаючи у конспект і книжку, все одно спрацьовує зорова і моторна пам'ять. Вимога щодо заповнення зошита перед кожним заняттям згодом перетвориться у потребу ознайомлюватись з теоретичним матеріалом перед розв'язуванням задач. Ці дії – перші сходи до вміння осмислювати викладену навчальну інформацію, а згодом – і новий матеріал.
   - місце для нотаток – тут студент вписує формули, які не є головними, тому не внесені до основної частини, а також зауваження та пояснення викладача впродовж заняття;
   - "питання викладачу" – місце для запитань, що виникли при самостійному опрацюванні теоретичного матеріалу та відповіді викладача на них;
   - задачі, рекомендовані для розв'язування в аудиторії – задачі з трьох основних збірників, якими користуються викладачі КНУБА.
   - задачі, рекомендовані для самостійного розв'язування;
   - перелік параграфів до основних джерел зі списку літератури, в яких міститься шукана інформація – для полегшення і спрощення процедури пошуку.
3) *Частина ІІ. Індивідуальні заняття.* Розділ спрямований на оптимізацію процесу самостійного виконання індивідуального завдання студентами. Складається з таких частин:
   - вимог до оформлення індивідуальної роботи загалом і задач зокрема;
   - орієнтовного розподілу задач по варіантах індивідуального завдання.
4) *Додаток.* Містить основні фізичні сталі, зв'язки деяких позасистемних величин з основними та табличні дані, необхідні для розв'язування задач.
5) *Список літератури.* Літературні джерела подаються двома списками:
   - список рекомендованих збірників задач;
   - список рекомендованих підручників.

Зошит для практичних та індивідуальних робіт у навчальному процесі вищого навчального закладу виконує такі функції:

- сприяє підвищенню результативності праці всіх учасників навчального процесу, наближуючи його до оптимальних умов;
- є ефективним засобом інтенсифікації практичних та індивідуальних занять;

- створює умови для управління навчальним процесом, оскільки забезпечує можливість прямого і зворотного зв'язку між викладачем та студентом;
- стимулює і активізує творчу діяльність студента;
- спонукає до вчасного самостійного виконання індивідуального завдання – виконання починається студентом не "з чистого листа", оскільки в зошиті міститься весь опрацьований раніше теоретичний і практичний матеріал, який необхідно лише повторити;
- може виконувати роль навчального посібника для викладачів, які починають свою професійну діяльність.

Для процесу ефективної підготовки та виконання лабораторної роботи, обробки отриманих даних та засвоєння їх наукового і прикладного змісту ми пропонуємо ввести робочі *зошити для лабораторних робіт*.

Основою даної методичної розробки є навчальний посібник «Фізика. Лабораторний практикум», який охоплює всі лабораторні роботи зібрані та поставлені викладацьким колективом кафедри фізики для виконання студентами всіх спеціальностей у курсі вивчення фізики та спецпрактикумів. Лабораторний зошит містить лише ті роботи лабораторного практикуму, що виконуються студентами з основного курсу фізики спеціальностей з загальною кількістю 7,5–10 кредитів.

Лабораторний зошит містить таку друковану інформацію:

1) титульну сторінку;
2) зміст;
3) передмову;
4) описання лабораторних робіт:
   – номер, тему, мету лабораторної роботи;
   – вказівки до виконання роботи містять перелік теоретичних питань, які необхідно вивчити перед виконанням лабораторної роботи, перелік параграфів до основних джерел зі списку, в якому міститься шукана інформація, теоретичні відомості з рисунками, графіками та схемами мають пропущені місця для заповнення студентами (Тобто ще при підготовці до роботи він обов'язково змушений звернутись до підручників, інакше не буде мати всіх робочих формул, необхідних для обчислення шуканих величин),
   – хід роботи,
   – місце для обчислень (дає можливість викладачу не просто вказати на наявність помилок у розрахунках, а й виявити і з'ясувати їх походження),
   – таблиця для занесення результатів вимірювань,
   – місце розкреслене під міліметровий масштаб для побудови графіків,
   – місце для написання висновків роботи,
   – контрольні питання та місця для відповідей на них (При підготовці відповідей до захисту роботи на комплекс питань, певним чином підібраних і систематизованих, студент набуває навичок пошуку необхідної

інформації, вчиться працювати з літературою, одержує достатнє уявлення щодо необхідного навчального матеріалу. Самостійна робота над контрольними питаннями дозволяє студенту простежити логічну послідовність навчального матеріалу, виділити його головні ідеї, що дає можливість структурувати навчання і забезпечити цілісно-дискретне засвоєння знань. Робота над науковою інформацією відповідно до поставлених питань забезпечує здійснення студентом продуктивних способів пізнання і дозволяє адаптувати навчальний матеріал до його інтелектуальних можливостей, що сприяє створенню позитивної мотивації навчання;

5) деякі фізичні константи;
6) деякі співвідношення між фізичними величинами;
7) графік виконання лабораторних робіт;
8) список літератури.

Посібник „Фізика. Якісні задачі та запитання” – це збірник задач особливого роду, при розв’язуванні яких увага студента привертається до фізичного явища, що розглядається. Розв’язок здійснюється шляхом логічних умовиводів, що базуються на розумінні суті законів фізики графічно чи експериментально без зайвих математичних перетворень.

Якісні задачі та запитання мають практичний характер, побудовані на прикладах взятих з повсякденного побуту або безпосередньо відносяться до специфіки прикладного застосування фізичних знань в майбутній професійній діяльності.

При захисті лабораторних робіт ми пропонуємо студентам по декілька якісних задач чи питань. Така форма перевірки засвоєння теоретичного матеріалу викликає жвавий інтерес, породжує висловлювання своєї думки та дискусій, в який проявляється творчій підхід до вирішення навчальних задач.

Розроблений і запропонований нами навчальний комплект з фізики у вищих будівельних навчальних закладах допомагає у навчальному процесі:

1) підвищити якість, наочність, ефективність навчання та у відомих межах збільшити темп викладення навчального матеріалу;
2) задовольнити найбільш повно навчальні потреби і цікавість студента;
3) оптимізувати і полегшити роботу викладача і студентів – звільнити викладача від технічної роботи переключивши зекономлений час на творчу діяльність та здійснити перерозподіл акцентів з механічної роботи студентів на продуктивну розумову діяльність;
4) сформувати у студентів вміння, навички та прагнення до самостійної роботи з інформацією, закласти механізми самоорганізації і самореалізації особистості;
5) сформувати потреби творчої самореалізації у професійній галузі.

Література:

1. Бурдейна Н.Б. Використання питань та якісних задач як один з методів формування і активізації позитивної мотивації навчальної діяльності учнів // Збірник наукових праць / Гол. ред. В.Г.Кузь. – К.: Наук.світ, 2004. – С.46-50.
2. Бурдейна Н.Б., Благодаренко Л.Ю. Лабораторний практикум як процес інтеграції теоретико-методологічних знань і практичної діяльності молодого спеціаліста // Теорія і методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2005. – С. 64-67.
3. Бурдейна Н.Б. Вдосконалення форм організації лабораторних занять з фізики у будівельних вищих навчальних закладах // Наукові записки. – Випуск № 60. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2005. – Частина 2. – С. 168-174.
4. Бурдейна Н.Б., Благодаренко Л.Ю. Лекційний зошит як форма вдосконалення лекційних занять з фізики у будівельних вищих навчальних закладах // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2005. – Вип. 11. – С. 120-121.
5. Бурдейна Н.Б. Зошит для практичних та індивідуальних занять як форма організації практичних занять з фізики у будівельних вищих навчальних закладах // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2006. – Вип. 12.

ІЗ ДОСВІДУ СКЛАДАННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ З КУРСУ ФІЗИКИ ДЛЯ ВИЩОГО ТЕХНІЧНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

В.П. Сергієнко[1α], І.А. Сліпухіна[2β]
[1] м. Київ, Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова
[2] м. Київ, Національний авіаційний університет
[α] SergienkoVP@ukr.net
[β] ira47@mail.ru

Домінантним напрямком сучасних психолого-педагогічних досліджень процесу навчання фізики у вищих технічних навчальних закладах залишається проблема поєднання його фундаментальності і професійної направленості [1]. При цьому вже на початку XXI ст. погляди на вищу технічну освіту зазнали радикальних змін, в яких вирішальну роль відіграють досить непрості (з точки зору їх вирішення) тенденції. Наприклад, розрив між постійно зростаючою складністю навколишнього світу і можливостями людини усвідомлювати цю складність вимагає активізації її потенційних можливостей до творчого бачення дійсності, її здатності до навчання. Цей факт тягне за собою перегляд як технології так і власне самого поняття «навчання», під яким розуміємо вже не сам цей процес, а навчання з метою вироблення певних навичок, необхідних для життя в світі, який дуже швидко змінюється. Сучасному інженеру замало знати і уміти – необхідно бути здатним неперервно поповнювати свої знання і готовим на будь-якому етапі дізнатися все, що йому необхідно для конкретної практичної діяльності [2].

Отже, перед викладачем фізики постає непросте, але цікаве завдання: пошук оптимального балансу в навчальному матеріалі при організації діяльності під час планових занять (лекцій, семінарів, практичних і лабораторних занять, контрольних робіт тощо) і позааудиторної діяльності (без безпосередньої участі і керівництва викладача) – самостійної роботи. Його вирішення повинне якомога щільно переплітатися з формуванням майбутніх професійних знань і умінь.

Можливість послідовного розв’язання подібної проблеми з’являється при написанні навчальних, а далі і робочих навчальних програм для визначених напрямів підготовки майбутніх спеціалістів. Автори реалізували таке завдання, зокрема, для спеціальності 6.100400 «Організація перевезень і управління на транспорті (повітряному)» напряму 1004 «Транспортні технології», підготовку бакалаврів за якою здійснює Національний авіаційний університет.

Згідно з робочим навчальним планом №РБ-7-403/05, на вивчення дисципліни «Фізика» вищезгаданого напряму припадає 108 годин (2,0 кредити): лекції – 17 год., практичні заняття – 17 год.; лабораторні заняття – 17 год.; самостійна робота – 47 год.; індивідуальна робота – 10 год. Отже,

кількості годин аудиторної (51 год.) і самостійної роботи майже рівні, а вивчення дисципліни триває протягом першого семестру і завершується іспитом.

Аналіз освітньо-кваліфікаційної характеристики бакалавра даного напряму, освітньо-професійної програми [3], навчальних планів і змісту навчальних дисциплін дозволив встановити зв'язок між навчанням студентів фізиці та їх професійною підготовкою (зв'язок між інваріантною та змінною компонентами змісту курсу фізики).

Для визначення змісту прикладних питань курсу було проведено аналіз міжпредметних зв'язків фізики і спеціальних дисциплін. Таке дослідження готує, по-перше, викладача до реалізації певної методики викладання; по-друге, з самого початку навчального процесу дозволяє студентам усвідомити структуру взаємозв'язку фундаментальних дисциплін навчального плану з загально професійними і спеціальними дисциплінами і, по-третє, дає можливості використання різноманітних методів реалізації між предметних зв'язків в процесі навчання.

Так, вивчення дисциплін «Теорія машин і механізмів», «Вантажні і пасажирські перевезення» базується на знаннях з кінематики й динаміки матеріальної точки та абсолютно твердого тіла (зокрема, на поняттях моменту сили, моменту інерції, основного закону динаміки обертального руху і законах збереження енергії, імпульсу і моменту імпульсу). А, наприклад, такі дисципліни, як «Хімія» і «Загальний курс транспорту», повинні вивчатися ще й на грунті знань з молекулярної фізики, термодинаміки, теплостатики, теплових двигунів.

Нижче наведено фрагменти робочої програми з тем «Механіка» і «Термодинаміка» (перший модуль), в ній курсивом виділено прикладний матеріал:

1. Кінематичні характеристики поступального і обертального руху матеріальної точки. Основні види руху твердих тіл. *Розрахунок оптимального шляху і швидкості руху транспорту*.

2. Закони Ньютона. Види сил в природі. Вага тіла. *Зміна ваги транспортного засобу при русі з прискоренням*.

3. Закон Гука. Деформації. Модуль пружності (модуль Юнга). Пропорційність між пружною силою і деформацією. *Співвідношення між пружною силою і деформацією на прикладі навантаження на вісь транспортного засобу*. *Механічні напруження, що виникають при роботі деталей машин*.

4. Момент інерції. Момент сили. Правило моментів. *Вплив розподілу маси вантажу на стійкість рівноваги літака під час польоту*.

5. Поняття про статистичні розподіли. Розподіл Больцмана. Барометрична формула. *Визначення висоти руху літака. Залежність аеродинамічного опору від висоти руху літака*.

6. Коефіцієнт корисної дії ідеальних і реальних теплових двигунів.

Порівняння циклів карбюраторного і дизельного двигунів.

Подібним чином розроблявся зміст робочої програми з інших тем курсу фізики і його реалізація здійснюється в різних формах аудиторних занять: лекціях, практичних і лабораторних заняттях. При цьому автори прагнули по можливості максимально реалізувати принцип єдності фундаментальності і професійної направленості навчання [4].

Зупинимось на реалізації авторами деяких конкретних питань. Серед них слід також виділити особливе місце такого вміння, яке повинно забезпечуватися згідно з [3], як контроль фізичних величин і оцінювання точності вимірів. Поняття про різні види похибок, прямі і непрямі виміри, їх врахування при знаходженні фізичних величин і вибір раціональних способів і методів вимірювання займають особливе місце поряд з іншими аргументами при відборі лабораторних робіт для даного курсу. Так, наприклад, включення в робочу програму лабораторної роботи «Вивчення розподілу випадкових величин на прикладі математичного маятника» дозволяє досить широко охватити як теорію похибок, так і актуалізувати й доповнити знання студентів з фізики коливальних процесів (гармонічні коливання, диференціальне рівняння гармонічних коливань і його розв'язок, характеристики коливального руху тощо). Такий методичний підхід дозволяє подолати труднощі, пов'язані, зокрема, з браком навчального часу: при підготовці до цієї роботи студенти працюють з вже знайомим теоретичним матеріалом і ознайомлюються з досить простою технологією виконання роботи. На цьому підґрунті викладач на аудиторному занятті, на яке відводиться 2+2 години, пояснює матеріал, який стосується теорії похибок, а далі за класичною схемою: допуск до виконання (на підставі домашньої самостійної роботи), власне практична частина і захист з врахуванням знання нового матеріалу (на наступному занятті). Слід також зазначити, що на кожній лабораторній роботі особлива увага студентів обов'язково звертається викладачем приділяється врахуванню точності вимірювань.

Технологічні реалії сьогодення вимагають від навчального процесу в будь-яких галузях знань, а при вивченні фізики особливо, широкого використання комп'ютерного програмного забезпечення. Справу значного оптимізує наявність в навчальному плані напряму 1004 «Транспортні технології» таких дисциплін, як «Комп'ютерна техніка і програмування», «Інженерна і комп'ютерна графіка», «Інформаційні системи і технології». Тому при укладанні робочої навчальної програми автори брали також до уваги перспективу використання студентами під час різних видів занять програмних засобів досить широкого спектру. Наприклад, PowerPoint для демонстрації різноманітних самостійних реферативних досліджень, які мають визначену професійну направленість. Серед них «Міжнародна служба спасіння КОСПАС-SARSAT» (актуалізуються і доповнюються знання про першу космічну швидкість, ефект Доплера, принципи радіозв'язку та ін.), «Будова і можливості сучасних скануючих приладів в терміналах аеропортів» (шка-

ла електромагнітних хвиль, проникна здатність, лазерне випромінювання, біометричні технології та ін.), «Мікрохвильова піч: «за» і «проти»» (принцип дії магнетрона, особливості взаємодії мікрохвильового випромінювання з речовиною та ін.).

Виконання подібних досліджень здійснюється за бажанням в рамках самостійної роботи студента і після перевірки викладачем демонструється в аудиторії під час лекційних або практичних занять. На лабораторних заняттях (з врахуванням значного розбігу в базовому рівні знань студентів) пропонується, наприклад, при обрахунку похибок, для екстраполяції експериментальних значень фізичних величин використовувати програми типу Origin, Mathematica тощо.

Цікавим при розгляді розділу «Механіка» є використання програми DataPoint [5] або подібних до неї, яка дозволяє провести аналіз руху тіла, визначення його кінематичних характеристик за попередньою відеозйомкою. Нами заплановано використання подібного програмного забезпечення в рамках виконання лабораторної роботи «Визначення в'язкості рідини за методом Стокса», а також як один із способів самостійного дослідження рухів реальних тіл поза лабораторією, зокрема транспортних засобів.

Великі можливості надають також практичні заняття, де поруч з традиційними задачами планується розгляд таких, які максимально наближені до фахових інтересів і вимагають застосування законів фізики.

Вказані вище прийоми, способи і методи організації навчальної діяльності формують зокрема дослідницькі навички, свідоме і направлене оволодіння знаннями та вміннями з фізики в світлі своєї майбутньої професійної діяльності. Необхідно зазначити, що успішна реалізація цієї мети ускладнюється дуже малою кількістю навчальних годин і вимагає ретельної попередньої підготовки і постійного підвищення рівня компетенції самого викладача фізики зокрема в галузі програмного забезпечення.

Література:

1. Закон України «Про вищу освіту» №2984-III, із змінами від 20 грудня 2006 р.

2. Психология высшей школы / М.И. Дьяченко и др. – Мн.: Харвест, 2006. – 416 с.

3. Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра напряму підготовки 1004 «Транспортні технології» / Галузевий стандарт вищої освіти України. – К.: Міністерство освіти і науки України, 2004.

4. Масленникова Л.В. Взаимосвязь фундаментальности и профессиональной направленности в подготовке по физике инженерных кадров. – М.: МГПУ, 1999. – 148 с.

5. Чернецький І.С. (1 грудня 2005) Методика використання цифрового аналізу відео зображень у лабораторних роботах з механіки [WWW документ]. URL www.chis.kp.km.ua (2 лютого 2008)

КУРС МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ В СИСТЕМЕ МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЕГО МОДЕРНИЗАЦИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

С.А. Герус[1], С.Н. Деревцова[2α]
[1] Россия, г. Москва, Институт содержания и методов обучения РАО
[2] Россия, г. Смоленск, Смоленская государственная медицинская академия
[α] SvetlanaDerevtsova@gmail.com

Высшее профессиональное образование – важнейший социально-государственный институт, выполняющий функцию подготовки молодого поколения к решению в будущем профессиональных задач в определённой области деятельности [4].

Под профессиональным образованием понимают “процесс становления и развития личности человека” [3]. Одной из основных целей профессионального образования является создание условий для овладения профессиональной деятельностью и получения квалификации, включения человека в общественно-полезный труд в соответствии с его интересами и потребностями.

Высшее медицинское образование является важнейшим звеном системы непрерывного образования в России. Оно ориентировано на подготовку специалистов, способных к постоянному творческому поиску и приобретению новых знаний, на обеспечение здоровья населения и подготовку людей к здоровому образу жизни. В свете федеральной целевой программы развития образования на 2006–2010 годы, утверждённой Постановлением Правительства РФ от 23 декабря 2005 года, Приоритетного национального проекта “Здоровье”, новых требований общества, современных тенденций развития высшего образования и активно развивающегося медико-фармацевтического бизнеса необходима подготовка высококвалифицированных специалистов. Задача подготовки высококвалифицированных кадров, обладающих способностью к самообразованию и самореализации должна решаться комплексно с активным применением современных средств дидактики высшего образования.

Физико-математические дисциплины в медицинских вузах приобретают всё более важное значение в связи с проникновением точного знания в медицину и смежные дисциплины. Это связано, прежде всего, с совершенствованием и усложнением методов диагностики, диагностического и лабораторного оборудования, необходимостью ясного понимания и правильной оценки результатов экспериментального исследования. Без глубокого понимания физических процессов в организме, физических основ воздействия внешних факторов на организм, молекулярных законов физики невозможно правильно назначить физиотерапевтическое или лекарственное лечение,

рекомендовать пациенту правила оптимального образа и ритма жизни. Для понимания последствий воздействия на человека различных факторов окружающей среды также нужны глубокие физико-математические знания. Ещё Аристотель говорил: “Мы тогда уверены в познании всякой вещи, когда узнаём её первые причины, первые начала и разлагаем её вплоть до элементов”.

Физика и биофизика в фармацевтических вузах и на фармацевтических факультетах являются предметом, необходимым для изучения химических и профильных дисциплин, которые преподаются параллельно с данным предметом или на последующих курсах. Физика и биофизика является основой для изучения физической и коллоидной химии, органической, аналитической, фармацевтической, биофизической химии, а также анатомии и физиологии [1].

Государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования предусматривают фундаментальную и углубленную подготовку врачей и провизоров. Однако не разработана методика проведения профессионально ориентированных практических занятий по медицинской и биологической физике, содержание курса является универсальным, с недостаточно выраженной связью с дисциплинами специализации.

Таким образом, возникают противоречия между:

– уровнями школьного и требованиями вузовского образования к знаниям и умениям абитуриентов, вызывающих необходимость включения в вузовскую систему новых структур довузовского образования;
– потребностью системы здравоохранения России в специалистах с новым универсальным мышлением и существующим у выпускников медицинского вуза традиционным мышлением, которое отражает лишь частные картины мира (химическую, биофизическую, биологическую, медико-физиологическую и др.);
– объективной потребностью в фундаментализации, интеграции, системности, гуманизации, дифференциации, экологизации медицинского образования и отсутствием целостной теоретической концепции подготовки специалиста в медицинском вузе в современных государственных образовательных стандартах врача и провизора, ориентированных на минимум знаний и умений;
– необходимостью эффективной методики обучения профессионально-ориентированному курсу медицинской и биологической физики для студентов медиков и отсутствием таковой.

Разрешить указанные противоречия можно на основе модернизации содержания и структуры курса медицинской и биологической физики (МБФ) на базе интегративного подхода, направленного на усиление внутри- и межпредметных связей и повышение эффективности обучения.

Преподавание дисциплин естественнонаучного цикла в медицинском вузе находит множество точек соприкосновения – это параллельное рас-

смотрение тем, взаимное дополнение и проникновение рассматриваемых вопросов. Сегодня сложно определить грани между химией и биологией, физикой и химией, что вызвало к жизни многие смежные науки: физическую химию, биологическую химию, химическую экологию и др., притом, как и в науке, наиболее интенсивно они развиваются в естественнонаучном образовании.

Современная педагогическая наука и практика, физическая наука и их методологии подготовили достаточные основания для перестройки физического образования в системе медицинского, в том числе для инновационных преобразований курса медицинской и биологической физики.

Существует преемственность особенностей теории развития физического образования и изучения физики в средней и высшей школе. Методология интегрированных курсов в естественнонаучном цикле вуза связаны и определяются основными методологическими принципами физики как их основы. Следовательно, при разработке методологии конкретного педагогического исследования с целью совершенствования процесса обучения, необходимо освоить постулаты и принципы физики и связанных с ней дисциплин (химия, биология, математика и др.).

Большое значение имеют труды, посвящённые методологии школьного курса физики и среднего образования в России (М.В. Алексеев, Л.К. Артёмова, С.А. Балицкая, А.И. Бугаёв, Р.Ю. Волковысский, М. Вюншман, О.Н. Голубева, И.В. Гребенёв, Д.С. Ермаков, В.Ф. Ефименко, М.И. Зверева, В.Г. Зубов, Л.А. Иванова, С.Е. Каменецкий, А.М. Коротков, Н.Е. Кузнецова, И.П. Лебедева, Т.В. Лежнина, К. Либерс, В.А. Любичанковский, А.В. Пёрышкин, Н.С. Пурышева, В.Г. Разумовский, Н.П. Семыкин, Б.И. Спасский, А.В. Усова и др.).

Затронуты вопросы установления и формирования межпредметных связей естественно-математических дисциплин в средней и высшей школе (Г.И. Батурна, Н.В. Груздева, Р.С. Гуревич, А.И. Гурьев, Ю.А. Дик, Д.М. Кирюшкин, П.Г. Кулагин, Е.А. Леонова, Н.А. Лошкарёва, В.Н. Максимова, Г.Н. Некрасова, А.В. Петров, М.А. Смирнова, И.К. Турышева, А.В. Усова, Г.Ф. Федорец, В.Н. Фёдорова и др.).

Вопросы современного естествознания в средней и высшей школе, их анализ и возможные пути модернизации отражены в работах Г.А. Бордовского, Э. Витола, А.Д. Гладуна, Ю.С. Давыдова, М. Зиновкиной, В.А. Извозчикова, С. Карпенковf, Г.С. Ковалёвой, Н. Лысенко, О.П. Околелова, Н.В. Садовникова, С.А. Паничева, О.В. Петунина и др.

Изучены и описаны аспекты развития и совершенствования высшего медицинского образования в публикациях Н. Зорина, В. Кудрявцева, Т.Н. Литвиновой, П. Сидорова и др.

Теоретические аспекты модернизации курса медицинской и биологической физики в медицинских институтах, академиях и университетах, а также на медицинских факультетах представлены в работах В.Н. Антонова,

Г.В. Архаровой, Ю.А. Владимирова, В.С. Воеводского, А.Н. Волобуева, М.В. Волькенштейна, Н.И. Губанова, Ю.Б. Захарова, В.Г. Скобеева, Е.В. Кортукова, В.К. Кумыкова, Н.М. Ливенцева, А.Я. Потапенко, А.Н. Ремизова, А.Б. Рубина, Г.М. Стюрева, А.М. Черныша и др.

Различные аспекты теории и практики физического образования в медицинском вузе представлены совокупностью отдельных работ, касающихся главным образом, организации учебной деятельности, построения программ, пособий, экологической направленности, тестирования, отдельных методов и технологий преподавания медицинской и биологической физики в рамках предметной системы образования.

Поиску путей интенсификации и оптимизации процесса обучения посвящены работы В.А. Адольф, С.И. Архангельского, Ю.К. Бабанского, А.В. Белошицкого, В.П. Беспалько, А.А. Вербицкого, Т.А. Дмитренко, А.В. Душкина, Л.Б. Ительсона, А.С. Кондратьева, А.В. Купавцева, В.В. Лаптева, И.Я. Лернера, Л.Г. Петерсона, А.В. Петровского, В.Г. Разумовского, Н.В. Садовникова, М.Н. Скаткина, Н.Ф. Талызиной, А.И. Ходановича и др.

Вопросам формирования, развития и оценки умений учащихся посвящены публикации Э.А. Красновского, Р.Ф. Кривошаповой, Н.Е. Кузнецовой, В.Н. Лозовский, Н.Я. Лядуновой, Е.В. Оспенниковой, В.З. Резниковой, В.Л. Рысс, Ю.В. Семёнова, А.В. Усовой и др.

Проведён оценочный анализ педагогических систем других стран В.П. Лапчинской, Н.Д. Никандровым, Л.А. Толкачевой.

Теоретической и методологической основой построения курса медицинской и биологической физики являются:

- фундаментальные работы в области философии и методологии управления образованием (С.И. Архангельский, Ю.К. Бабанский, А.П. Беляева, И.А. Богачек, Г.А. Бордовский, Б.С. Гершунский, В.И. Загвязинский, В.Н. Максимова и др.);
- социологические, педагогические, культурологические и гуманистические идеи о роли и функциях общего и профессионального образования, о его влиянии на становление человека, профессионала и развитие общества (Ш.А. Амонашвили, А.Г. Асмолов, М.Н. Берулава, Г.А. Бордовский, Я. Ерошкин, В. Каган, В.Л. Калашников, А.В. Коржуев и др.).
- исследования в области педагогических технологий (М.Е. Бершадский, В.П. Беспалько, В.В. Гузеев, Н.П. Гузик, Е.С. Заир-Бек, В.А. Извозчиков, М.В. Кларин, Н.Е. Кузнецова и др.).
- системный, личностно-деятельный, личностно-ориентированный, интегративный, комплексный подходы (Ю.К. Бабанский, А.П. Беляева, В.П. Беспалько, Н.М. Верзилин, Л.С. Выготский, В.И. Загвязинский, И.Д. Зверев, Н.Е. Кузнецова, А.Н. Леонтьев, И.Я. Лернер, В.Н. Максимова и др.);
- интеграционные процессы в современном естествознании и теория

поэтапного формирования умственных действий (П.Я. Гальперин, А.Ф. Дергачёва, И.Я. Ланина, В.П. Соломин, Н.Ф. Талызина и др.).

В нашей работе основная задача построения курса МБФ состоит в том, чтобы научить студента не просто понимать физические законы, процессы, явления применительно к организму человека и животных в норме и патологии, а кроме этого, выработать необходимый уровень профессионального логико-клинического мышления, сформировать достаточный уровень профессиональной компетентности.

Интеграция – обобщённое отношение между структурными компонентами целостного образования. И.Д. Зверев и В.Н. Максимова в работе “Межпредметные связи в современной школе” [2] интеграцию характеризуют как процесс и результат создания неразрывно связанного. В качестве компонентов интеграции могут выступать различные виды знаний одного учебного предмета, обобщённые компоненты знаний и умений межпредметного характера, которые сформированы на основе усвоения связей между различными способами учебно-познавательной, учебно-производственной и практической деятельностью. В процессе обучения интеграция выступает как условие и средство реализации основных функций образовательного процесса (образовательной, воспитательной, развивающей) и выполняет методологические, формирующие, конструктивно-моделирующие функции. Обучение построенное на интеграционной основе полностью перестраивает содержание, методы и формы организации учебно-воспитательного процесса, таким образом, образуется системообразующая функция. Следовательно, интегративный подход в обучении проявляет себя как самостоятельный принцип обучения и входит в учебно-управленческую деятельность преподавателя и учебно-познавательную деятельность студентов. Исследования в области интеграции наук идут в единстве с дифференциацией. Дифференциация углубляет знание в различных областях, а интеграция делает их широкими и способствует появлению новых отраслей.

Содержание курса МБФ на лечебном, педиатрическом, стоматологическом факультетах и факультетах “Сестринское дело”, иностранных учащихся традиционно, но решение поставленных задач достигается за счёт планирования практических, семинарских и лабораторных занятий на основе принципа межпредметной интеграции. Таким образом, общим подходом в нашем исследовании является межпредметный характер рассматриваемых вопросов.

Бурное развитие медицины, фармации требует подготовки высококвалифицированных специалистов, не только обладающих знаниями в области профессионально-ориентированных дисциплин, но имеющих фундаментальную теоретическую и практическую подготовку в области физики, медицинской и биологической физики, химии, биологии и смежных с ними дисциплин; специалистов, способных проводить научные исследования, привлекая для этого современные физические, химические, биофизические

и биохимические методы; специалистов эрудированных, творческих, думающих, способных совершенствовать и углублять свои знания и умения самостоятельно после окончания вуза в процессе практической деятельности [5, 10].

Литература:

1. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Специальность 040500 – Фармация. – М., 2000. – 24 с.
2. Зверев И.Д., Максимова В.Н. Межпредметные связи в современной школе. – М.: Просвещение, 1986. – 167 с.
3. Новиков А.М. Профессиональное образование в России. – М.: ИЦП НПО РАО, 1997. – С. 45.
4. Попков В.А., Коржуев А.В. Теория и практика высшего профессионального образования: Учеб. пособие для системы дополнительного педагогического образования. – М.: Академический проект, 2004. – С. 10.
5. Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика. – К.: Профессионал, 2004. – 704 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА ФИЗИКИ НА ПРИМЕРЕ “УМНОГО ДОМА”

Е.Г. Копанец, Г.Н. Подус, С.О. Даньшева
г. Харьков, Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры
Sveta1963uamailru1@rambler.ru

Утверждение о том, что подготовка специалиста высокой квалификации в техническом вузе требует не только глубокой специальной подготовки, но и фундаментальной, не вызывает сомнений. Поэтому сейчас в педагогической науке большое внимание уделяется методологическим вопросам преподавания фундаментальных дисциплин в техническом вузе. Одна из задач таких исследований – создание методик профилирования преподавания физики. Преподаватели ХГТУСА большое внимание уделяют решению данной задачи. По мнению авторов, при разработке методов профилирования преподавания физики необходимо исходить из таких требований: во-первых курс физики должен быть целостным, чтобы студенты могли получить представление о физике как современной науке, во-вторых, курс физики для инженерно-технических специальностей должен быть четко ориентирован на потребности той или иной специальности.

Физика – опорная база многих прикладных дисциплин, в том числе и строительных. Можно привести множество строительных проблем, при решении которых используются физические методы или привлекаются разработки в области современной физики. Например, теория разрушения твердых тел является основой для расчета прочности строительных конструкций, создаваемые новые материалы с улучшенными физико-механическими, тепловыми свойствами внедряются в различные области строительной индустрии, электронно-ионные технологии используются при производстве цемента для очистки окружающей среды от пыли и т.д.

Особенно велик вклад современных достижений в области физики в разработку инженерного оборудования так называемого “умного дома” или “интеллектуального здания”, ”электронного управдома” (от английского названия IBS – Intelligent Building Systems).

Разработки в этом направлении начались во многих странах одновременно в середине 90-х годов, когда появилась потребность в приборах и оборудовании зданий.

Это связано с тем, что в последнем столетии произошла смена форм и содержания современного жилища. Так, сегодняшние окна внешне почти не отличаются от традиционных, хотя наличие стеклопакета придает им новые качества: герметичность, новые теплофизические и световые характеристики. Крыша – ранее один из пассивных элементов здания становится актив-

ным элементом: на поверхность крыши, обращенной на юг, устанавливаются солнечные коллекторы, служащие дополнительным источником энергии. Стены превращаются в активный элемент архитектуры, поскольку современные теплоизоляционные материалы позволяют управлять теплофизическими свойствами стен в зависимости от погодных условий, т.е. отпадает необходимость в массивных стенах, позволявших аккумулировать тепловую энергию в здании. Таким образом, современное жилище – дом с хорошими теплозащитными свойствами ограждающих конструкций, с управляемым автоматически микроклиматом, в котором используются энергосбережение технологии, альтернативные источники энергии. Конечная цель разработок в этой области – создание жилища, не требующего дополнительных источников энергии для освещения и обогрева функционирования инженерного оборудования.

Появившаяся в этом году информация о начале сооружении в Канаде коттеджей нового типа, полностью подтверждает сказанное выше. Проект носит название Zero – это дома на полном самообеспечении, будут производить необходимое количество энергии для нормального функционирования всех систем (электричество, подогрев воды). Помимо того, если метеослужба Канады объявит о грядущих морозах, дом сам к ним подготовится. Когда строительство завершится, будет проведен последний эксперимент, заключающийся в получении ответа на вопросе, как быстро жильцы смогут найти общий язык с собственным домом.

Весьма сложные инженерные системы “умного дома” разрабатываются на базе последних достижений науки и техники. Они включают такие составляющие:

- энергоснабжение и освещение;
- отопление и очистку воды;
- вентиляцию и кондиционирование;
- охрану и пожарную связь;
- телефонную связь и телевидение.

“Электронный управдом” должен обеспечивать управление микроклиматом, эффективно распоряжаться энергоносителями, обеспечивать работу охранной сигнализации, бытовых приборов, подключая их в часы, когда минимальны тарифы на электроэнергию.

Следует отметить, что в “умном доме” реализуются следующие основные задачи строительной науки:

- использование ресурсов тепло и энергосберегающих технологий;
- создание искусственной гармонической среды жизнедеятельности человека;
- обеспечение экологической безопасности среды обитания остановимся на первой задаче.

Перспективы развития стройиндустрии ближайшего будущего – ее энерговооруженность нетрадиционными источниками энергии, в первую

очередь использование солнечной энергии, позволяющей осуществлять горячее водоснабжение, отопление, кондиционирование воздуха помещения.

В настоящее время появились в продаже, в том числе и в Украине солнечные теплогенераторы – установки, предназначенные для преобразования солнечной энергии в тепловую, состоит из коллектора, улавливающего солнечную энергию и теплового аккумулятора, применяющегося для приведения в соответствие теплопоступлений от солнца и теплопотребления абонентов. В комплект теплогенератора может входить и тепловой насос – установка, преобразующая низкопотенциальную солнечную энергию, аккумулированную грунтом или грунтовыми водами верхних слоев земли, в высокопотенциальную энергию, которая используется для теплоснабжения. Возможно также прямое преобразование солнечной энергии в электрическую.

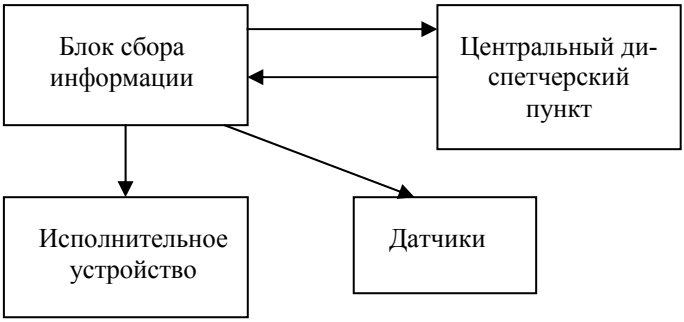
В Англии построен экспериментальный дом, в котором около 80% энергии, затраченной на освещение, получают, используя стеклянные солнечные панели со встроенными солнечными батареями (батареи расположены на фасаде здания), их площадь 140 м^2.

Некоторые компании предлагают фотоэлектрические модули и системы для прямого преобразования солнечной энергии в электрическую.

Следует отметить, что многие разработки, используемые в “умном доме”, первоначально применялись в военно-космической технике, например солнечные батареи, “тепловые зеркала”. Обратимся к космической технике, в которой применяется технология “теплового зеркала”. Данная технология предусматривает размещение во внутреннем пространстве экрана, выполненного из полимерной пленки с нанесенными тонкими многослойными металлическими пленками, разделенными слоями диэлектрика. Толщина металлических пленок – 10-20 нм, их количество – 10. Окна, выполненные по такой технологии, выполняют роль пассивных гелиосистем (энергопоступление на вертикальную стену в отопительный период соответствует поступлению энергии летом). Такие стеклопакеты производятся в Украине по лицензии США.

Естественно, что для того, чтобы разобраться с принципом действия перечисленных установок, необходимо хорошо разбираться в явлениях, изучаемых в курсе физики. Так, принцип действия теплового насоса и теплового аккумулятора основан на использовании законов термодинамики, теории фазовых переходов. Принцип действия элементов солнечной архитектуры (пассивных и активных тепловых систем), позволяющих преобразовывать солнечную энергию в тепловую и электрическую – на использовании элементов квантовой оптики и свойств проводников. В тепловом зеркале используются оптические свойства металлических пленок. Ожидается, что к 2020 г. вклад нетрадиционных источников достигнет 8-12%.

Остановимся на проблемах создания искусственной среды обитания человека, включающих в себя вопросы создания и контроля микроклимата в помещении, т.е. поддержание необходимого температурно-влажностного режима, очистки воздуха. Необходимые параметры микроклимата, а также системы домашней автоматизации контролируются при помощи датчиков, преобразующих необходимые для контроля параметры в электрические сигналы, которые анализируются при помощи компьютера, после чего вырабатывается сигнал, передающийся исполнительному устройству. Упрощенная схема совместного использования системы датчик-компьютер представлена на рисунке.



Практически подавляющее большинство современных датчиков работает на основе физических принципов. Также существуют датчики, построенные на основе физических явлений.

В качестве примера перечислим физические явления, используемые в датчиках применяемых для измерения температур и управления температурным режимом: тепловое расширение, изменение электрического сопротивления, генерация термо-ЭДС, измерение электрической емкости, явление в полупроводниках, тепловое излучение, изменение цвета, деформация и разрушение.

Несомненно, что для того, чтобы инженер XXI века мог творчески мыслить и работать, ему необходимо знать и понимать не только устройство датчиков, но и физические явления, и эффекты, обеспечивающие их работу.

Вопросы, связанные с третьей составляющей строительной науки – обеспечение экономической безопасности среды обитания, в основном касается радиационной безопасности жилища. Они должны решаться на стадии выполнения проектных работ и важны для любого здания, которое будет сооружаться. В их основе лежит раздел физики: «Радиоактивный распад, прохождение γ-излучений через вещество».

Остановимся на используемых нами принципах включения материала специальных приложений (строительного блока) в излагаемый курс общей физики:

1. Материал специальных приложений “привязывается” к изучаемому по физике материалу (физическому блоку). Так, принцип действия теплово-

го насоса рассматривается при изучении второго закона термодинамика, а пассивные и активные солнечные тепловые системы – при изучении квантовой оптики. При этом основное внимание уделяется физическому анализу рассматриваемых технических устройствах, а технические особенности установок, их характеристики даются в общем виде.

На практических занятиях кроме стандартных решаются профилированные задачи. При этом для каждой решенной задачи студенты должны указать, к какому физическому и строительному блоку она относится.

Ниже в качестве примера приведено условие двух задач, иллюстрирующих применение законов физики как основы инженерных решений “умного дома”. Следует отметить, что для того, чтобы студенты первого курса ориентировались в строительной тематике, нами издан “Словарь технических и строительных терминов, используемых в прикладных задачах”.

1. В комнате размерами (10×6×3,5) м^3 воздух имеет температуру 20 ºС и относительную влажность 15%. Сколько воды нужно испарить чтобы относительная влажность достигла 35%? Какова роль влажности в создании микроклимата в помещении?

2. В помещении необходимо поддерживать температуру 21 ºС, в то время, как температура наружного воздуха 0 ºС. Для поддержания постоянной температуры необходимо ежесекундно передавать 418 Вт. Какой мощности тепловой насос нужно использовать для этой цели? Считать, что он действует с максимальной эффективностью.

Кроме перечисленных выше вариантов использования материала специальных приложений, студентам, интересующимся физикой и принимающих участие в работе студенческого научного общества, предлагается подготовить доклады на тему “Использование законов физики при строительстве и эксплуатации жилого дома”, “Дом моей мечты”, “Системы домашней автоматизации”.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

О.І. Денисенко[1α], В.І. Цоцко[2β]
[1] м. Дніпропетровськ, Національна металургійна академія України
[2] м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський державний аграрний університет
[α] ADenysenko@mail.ru
[β] info@dsau.dp.ua, dsau@dsau.dp.ua

Основу будь-якої науки про природу, і в першу чергу фізики, як найфундаментальнішої, всеосяжної науки про оточуючий нас світ, складає дослід, експеримент. Сама суть фізичного методу, власне, зводиться до порівняння та його подальшого розвинення – вимірювання. В цьому полягає ключова ідея фізики – ідея елементарності. Бо порівняти можна лише прості об'єкти, прості зміни та прості властивості. Тому фізичне вимірювання і набуло найбільшої досконалості, найвищої точності та швидкості. Інші науки спираються на фізику не тільки як на фундамент природознавства, але й як на технічний засіб експерименту.

Як при прямих, так і при непрямих вимірюваннях ефективність процесу оцінюється величиною похибок вимірювань.

Похибки вимірювань можуть бути пов'язані з особливостями вимірювальних приладів чи методик вимірювань (систематичні похибки), а також з різноманітними об'єктивними і суб'єктивними факторами, які не піддаються строгому врахуванню (випадкові похибки).

Звичайно, точність вимірювання закладається технічною досконалістю вимірювального пристрою, його чутливістю. Вимірюючи приладом якусь величину, неможливо зробити похибку меншу тієї, що визначається похибкою вимірювального пристрою. Разом з тим, точність вимірювань повинна відповідати вимогам, поставленим для реалізації практичного завдання і не може бути однобоко завищена.

Вимірювальні прилади, що використовуються в лабораторіях, часто дають систематичні похибки, які значно перевершують випадкові.

При мінімізації систематичних похибок, які продукуються або методом вимірювання, або особливостями вимірювального пристрою, на перший план точності вимірювань виступають випадкові похибки, врахувати які можна спеціальними методами обробки результатів вимірювань. Вказані методи основуються на результатах математичної статистики і теорії ймовірностей.

В математичній статистиці і теорії ймовірностей доводиться, що середнє арифметичне значення $\overline{f}$ ряду вимірювань величини f: $f_1, f_2, \ldots, f_n$,

$$\overline{f} = \frac{f_1 + f_2 + \ldots + f_n}{n} \qquad (1)$$

(n – ціле число – число вимірювань) наближається до істинного значення

краще, ніж вимірювані значення, і може вважатись орієнтиром істинного значення величини f.

Похибки, що викликають розсіяння результатів коло середнього арифметичного, визначаються випадковими причинами, тому передбачити кожний черговий результат вимірювань неможливо, проте можна передбачити параметри розсіяння результатів коло середнього значення вимірюваної величини.

При розгорнутій схемі обробки результатів вимірів за формулою (1) розраховують середнє арифметичне $\overline{f}$ результатів вимірювань. Розсіяння даних вимірювань характеризують середньоквадратичним або стандартним відхиленням (стандартом) σ:

$$\sigma^2 = \frac{\left(f_1 - \overline{f}\right)^2 + \left(f_2 - \overline{f}\right)^2 + \ldots + \left(f_n - \overline{f}\right)^2}{n} \qquad (2)$$

Формулу (2) застосовують для достатньо великих значень n. При обмеженому числі вимірювань замість стандарту використовують величину σ_n:

$$\sigma_n^2 = \frac{\left(f_1 - \overline{f}\right)^2 + \left(f_2 - \overline{f}\right)^2 + \ldots + \left(f_n - \overline{f}\right)^2}{n-1}\,. \qquad (3)$$

Можна знайти таку величину Δf, що в середину інтервалу

$$(f-\Delta f, f+\Delta f) \qquad (4)$$

завжди буде попадати задана частка результатів вимірювань. Величина інтервалу Δf залежить від величини частки даних вимірювань, що лежатимуть в межах даного інтервалу. Інтервал (4) називають довірчим інтервалом, а частку результатів, що потрапляють в цей інтервал, довірчою ймовірністю або надійністю вимірювань.

Для широкого класу випадкових процесів, зокрема для процесу вимірювань, розподіл випадкової величини, в тому числі результатів вимірювань, підпорядковується нормальному закону розподілу неперервної випадкової величини f (закон Гаусса), згідно якому [1, 406] густина розподілу ймовірностей величини f–$p(f)$ визначається співвідношенням

$$p(f) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} e^{-\frac{\left(f-\overline{f}\right)^2}{2\sigma^2}} \qquad (5)$$

При цьому функція розподілу ймовірностей $\Phi(f)$ має вигляд [2, 576]

$$\Phi(f) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} \int_{-\infty}^{f} e^{-\frac{\left(f-\overline{f}\right)^2}{2\sigma^2}} df \qquad (6)$$

і може бути виражена через інтеграл похибок $\mathrm{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-z^2} dz$ [3, 723]

$$\Phi(f)=\frac{1}{2}\left[1+\mathrm{erf}\left(\frac{f-\overline{f}}{\sigma\sqrt{2}}\right)\right] \tag{7}$$

Згідно (5) і (6) можна узгодити співвідношення між довірчим інтервалом Δf та довірчою ймовірністю, яка задається різницею розподілів ймовірностей

$$\Phi(\Delta f)-\Phi(-\Delta f)=\mathrm{erf}\left(\frac{\Delta f}{\sigma\sqrt{2}}\right). \tag{8}$$

На практиці, коли число вимірів незначне і некоректно користуватись законом Гауса, використовують методику Госсета (Стьюдента), в якій довірчий інтервал визначають за вибірковою середньоквадратичною похибкою середньоарифметичного $\sigma(\Delta f)$:

$$\sigma(\Delta f)=\frac{\sigma_n(f)}{\sqrt{n}}$$

та коефіцієнтами Стьюдента $s(p, n)$, зведеними у таблицю [4, 28], відповідно до числа вимірів і довірчої ймовірності:

$$\Delta f=s(p, n)\cdot\sigma(\Delta f).$$

Розподіл Стьюдента вже при n=7 відрізняється від гаусівського не більше ніж на 3%. А при $n\to\infty$ він переходить в нормальний розподіл.

При спрощеній схемі обробки результатів вимірів розсіяння даних вимірювань характеризують не середньоквадратичним відхиленням σ, а середньою абсолютною похибкою $|\Delta f|$:

$$|\Delta f|=\frac{|\Delta f_1|+|\Delta f_2|+\ldots+|\Delta f_n|}{n}. \tag{9}$$

При цьому часто додають і відносну похибку ε:

$$\varepsilon=\frac{|\Delta f|}{\overline{f}}.$$

В даній схемі обробки зовсім не акцентується увага на величині надійності вимірів. Прогалину можна заповнити, якщо кількість дослідів достатня для того, щоб користуватись нормальним законом розподілу, тобто співвідношеннями (5), (6).

Середнє абсолютне відхилення (9), згідно розподілів (5) і (6) [2, с. 578], можна виразити через σ

$$|\Delta f|=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\sigma\approx 0{,}798\sigma.$$

Тоді, за (8) і таблицею функції erf(z) [3, 723], одержимо надійність 57%. До речі, для надійності 50% використовують, так зване, ймовірне відхилення (медіану величини $|\Delta f|$):

$$|\Delta f|_в=0{,}674\sigma.$$

Таким чином, у випадку спрощеної обробки результатів вимірювань

одержаний результат потрібно записувати у вигляді:

$$f = \overline{f} \pm \overline{\Delta f}$$

при надійності 57%.

Література:

1. Маркович Э.С. Курс высшей математики с элементами теории вероятностей и математической статистики. – М.: Высшая школа, 1972. – 480 с.

2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике / Под общ. ред. И.Г Арамановича. – М.: Наука, 1974. – 832 с.

3. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1972. – 736 с.

4. Фізика. Лабораторний практикум і збірник задач / О.Й. Дідоборець і ін. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2007. – 228 с.

ЯВИЩЕ ПРЕЦЕСІЇ ТА ЙОГО ВИВЧЕННЯ У ДЕЯКИХ РОЗДІЛАХ ФІЗИКИ

Б.М. Валійов, В.Д. Єгоренков
м. Харків, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна
yegorenkov@univer.kharkov.ua

1. Вступ

У низці попередніх публікацій [1–3] ми підкреслювали взаємозв'язок різних явищ у межах одного експерименту у окремих розділах загального курсу фізики. У даному повідомленні ми звернемося до вивчення одного явища на прикладах його прояву у різних розділах фізики. У якості цього явища ми вибрали прецесію. Це слово запозичене з латинської мови і означає «іду попереду, випереджаю». Воно стосується зміни напрямку осі об'єкта, що обертається. При вивченні механіки ми стикаємося з явищем прецесії при вивченні руху дзиги та інших об'єктів, які приймають участь у складному обертальному русі (у тому числі планет і зірок). У вченні про електрику та магнетизм ми зустрічаємо прецесію як одну з характеристик руху заряджених частинок у зовнішньому магнітному полі. Серед різноманітних проявів прецесії у явищах, які вивчаються у курсі атомної та ядерної фізики, ми зосередимо увагу на електронному парамагнітному резонансі та ядерному магнітному резонансі.

2. Прецесія Землі

Коли протягом ночі спостерігати неозброєним оком зорі на небі, то можна побачити, що увесь небокрай обертається разом із зірками проти стрілки годинника навколо приблизно Полярної зірки (це так званий полюс світу), роблячи повний оберт за добу. На фотографії з експозицією протягом ночі зірки залишають сліди у вигляді дуг концентричних кіл, центром яких є полюс світу. Це обертання небокраю є наслідком обертання Землі навколо своєї осі у протилежному напрямку. Спрощено прецесію можна представити як повільний рух осі світу (прямої, паралельної до осі обертання Землі) по круговому конусу, вісь якого перпендикулярна до екліптики із періодом повного оберту приблизно 26 000 років (див. рис. 1). В результаті прецесії полюс світу близько 4600 років тому був коло зірки α Дракона, тепер він розташовується коло Полярної зірки, а через 12 000 років «полярною» зіркою стане Вега (див. рис. 2). Механічне пояснення прецесії було вперше надано І. Ньютоном у 1686 році.

Історично явище прецесії Землі (яке інакше називають випередженням рівноденств) було вперше спостережено [4] у другому сторіччі до нашої ери грецьким астрономом Гіппархом. Він виміряв екліптичну довготу зірки Спіка (найяскравіша зірка сузір'я Діви, вона у 740 разів яскравіша за Сонце) під час місячних затемнень і знайшов, що вона була на 6° на захід від точки

осіннього рівноденства. (Екліптичні довгота та широта – це система небесних координат, у якій основним кругом є екліптика, а полюсом – поліс екліптики. Екліптика (від грецького слова «еклейпсіс» - затемнення) – це великий круг небесної сфери, по якому відбувається видимий рух Сонця протягом року). Він порівняв її з довготою тієї ж зірки, яка була виміряна за 150 років до нього грецькими астрономами Тімохарісом та Арістіллом, і знайшов, що довгота Спіки зменшилася за цей час приблизно на 2°. Він також помітив цей рух у інших зірок.

Нащо Гіппарху знадобилося місячне затемнення для вимірювання положення зірки? Точки рівноденства не позначені на небі, тому йому був потрібен Місяць у якості точки відліку. Гіппарх уже володів методом обчислень довготи Сонця у довільний момент часу. Місячне затемнення відбувається при повному Місяці, коли він знаходиться у опозиції (тобто коли Земля закриває Місяць від променів Сонця). У середній точці затемнення Місяць знаходиться точно на 180° від Сонця. Вважають, що Гіппарх виміряв довжину дуги між Спікою та Місяцем. До цієї величини він додав обчислену довготу Сонця та 180° для довготи Місяця. Він зробив ті ж самі обчислення із даними Тімохаріса.

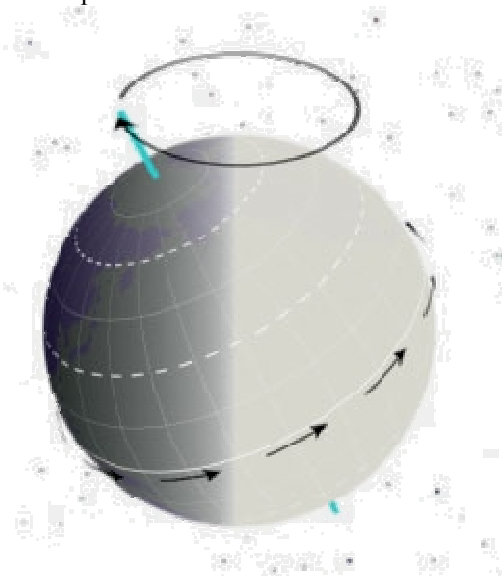


Рис. 1

На рис. 2, який також узятий із Вікіпедії, відображена прецесія Землі навколо північного полюсу екліптики.

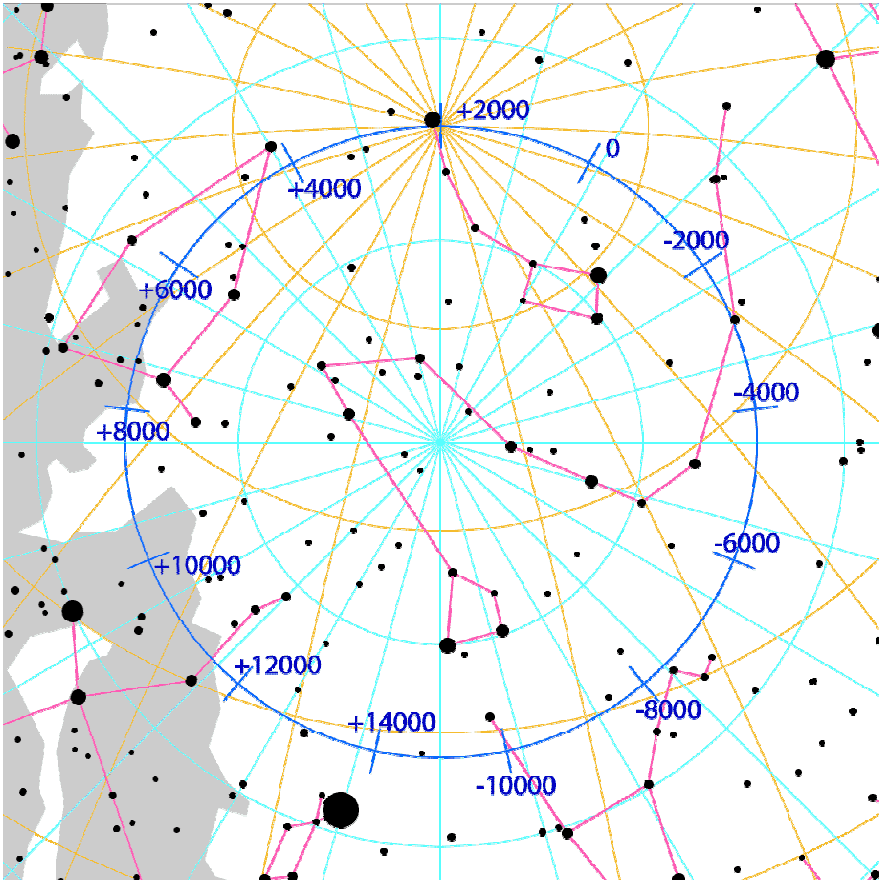


Рис. 2

3. Прецесія гіроскопа

Можна думати, що наочне уявлення про прецесію гіроскопа (означення гіроскопа див. нижче) можна отримати, якщо розглянути їзду «без рук» на двоколісному велосипеді. У підручнику [5] цей процес пояснюється таким чином: «Кожен, хто їздив на велосипеді, знає, як ним керувати, або швидше, як йому не заважати рухатися! Для їзди по прямій треба триматися прямо, щоб лінія, яка сполучає точки дотику переднього та заднього коліс із дорогою, потрапляла під центр тяжіння велосипедиста, а для повороту необхідно злегка нахилитися у той бік, куди велосипедист збирається повернути. Чому ці заходи ефективні? Справа в тому, що швидке обертання коліс велосипеда характеризується вектором моменту імпульсу, який має напрямок наліво при русі велосипеда уперед. При нахилі, наприклад, вправо, велосипедист надає осі колеса обертальний момент відносно горизонтального напрямку

руху. Тут пару сил утворює сила тяжіння, прикладена до центру мас системи велосипед+велосипедист, та сила реакції опори, прикладена до нижньої точки колеса, у якій колесо стикається із землею. Згідно рівняння обертального руху (див. нижче), момент імпульсу колеса отримує приріст у напрямку руху і геометрична сума початкового моменту імпульсу та приросту визначає величину і напрямок моменту імпульсу у наступний момент часу, і колесо робить оберт навколо вертикальної осі, або, як кажуть, прецесує. В результаті лінія, яка сполучає точки дотику переднього і заднього коліс із дорогою, знов потрапляє під центр тяжіння системи велосипед+велосипедист.»

Між тим, як відомо, гіроскопічні сили на колеса – порядку кількох ньютонів для сучасних коліс – були вивчені Клейном та Зоммерфельдом [6a] і було знайдено, що вони дуже малі і не можуть самі по собі забезпечити рівновагу. (Для лекційної демонстрації явища прецесії все-таки використовують велосипедне колесо, але для збільшення гіроскопічних сил на ободі колеса додатково укріплюють свинцевий бандаж.) Треба, однак, зауважити, що, індукуючи правильну відцентрову силу, вони роблять внесок у стабільність їзди велосипеда без велосипедиста та надають можливість їхати «без рук», коли вага велосипедиста прикладена переважно до заднього колеса і знижене тертя переднього колеса з дорогою надає йому можливість обертатися навколо осі руля вільніше.

Перша крива динамічної стійкості руху велосипеда була отримана у роботі [6b] як розв'язок двох зв'язаних нелінійних рівнянь. Тут ми наведемо лише одне рівняння з цієї важливої роботи. При звичайних швидкостях рівновага велосипеду істотно спирається на баланс сили тяжіння та відцентрової сили. Коли система велосипедист-велосипед рухається із швидкістю v вздовж колового шляху, їздок нахиляється разом із рамою під кутом θ до вертикалі, щоб протидіяти відцентровій силі. Кутом керування S є двогранний кут між площиною рами і площиною переднього колеса, у той час, як кут повороту α є перетин цього двогранного кута площиною землі. Якщо a – це відстань між точками контакту коліс із землею, то радіус кривої є приблизно $R=a/\mathrm{tg}\,\alpha$. При g – прискоренні вільного падіння система знаходиться у стані рівноваги, якщо

$$\mathrm{tg}\,\theta=v^2\mathrm{tg}\,\alpha/ag.$$

Робота [6c] містить лінеаризовані рівняння руху для велосипеда у якості еталону. Порівнюються результати аналітичного розрахунку та числового із використанням двох програм. Модель велосипеда складається із задньої рами, передньої рами, що є вилкою, заднього колеса та переднього колеса, які з'єднані шарнірами. Колеса мають ножовий контакт із дорогою.

Гіроскопом називають аксіально симетричне тіло, якому надано швидке обертання навколо своєї осі симетрії [7]. У буквальному перекладі з грецької слово «гіроскоп» означає «спостереження обертання». Припустимо, що гіроскоп закріплено у точці центру мас, але його вісь може вільно пове-

ртатися у довільному напрямку. Таке закріплення забезпечується, наприклад, у приладі, який називають периметричним гіроскопом (рис. 3). Детальний якісний опис роботу цього приладу можна знайти, наприклад, у книзі [8].

Рис. 3

При розгляді руху осі гіроскопа будемо вважати, що вісь обертання увесь час співпадає з віссю симетрії та момент імпульсу є $\vec{L} = I\vec{\omega}$. Тут I – момент інерції гіроскопі відносно осі обертання, а $\vec{\omega}$ – вектор кутової швидкості обертання. Застосуємо для опису руху гіроскопа рівняння моментів

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{N}, \qquad (1)$$

причому момент імпульсу $\vec{L}$ та момент сил $\vec{N}$ беруть відносно нерухомої точки опори гіроскопа. Якщо момент сил дорівнює нулю, то гіроскоп називають вільним. В цьому випадку момент імпульсу зберігається. Доки гіроскоп не обертається, будь-який удар виводить його далеко від положення рівноваги. Якщо надати гіроскопу швидке обертання і вдарити палкою по осі, то напрямок стержня гіроскопа у просторі майже не зміниться. Стрижень лише почне виконувати вільну регулярну прецесію, тобто обертальний рух по поверхні конуса з малим кутом при вершині. Віссю конуса буде слугувати напрямок моменту імпульсу гіроскопа, який він займе після нанесення удару. Саме вільна регулярна прецесія гіроскопа (Землі) є причиною випередження рівноденств.

Найбільш цікавим видом руху гіроскопа є вимушена прецесія. Вона виникає під дією зовнішніх сил. Вимушена прецесія простіше усього пояснюється наближеною теорією гіроскопа. Якщо розглядати $\vec{L}$ як радіус-вектор, то похідну $\frac{d\vec{L}}{dt}$ можна геометрично тлумачити як швидкість руху кінця вектора $\vec{L}$. Нехай точка прикладання зовнішньої постійної сили $\vec{F}$ лежить на осі фігури гіроскопа. Тоді момент цієї сили буде дорівнювати $\vec{N} = \left[\vec{a}\vec{F}\right]$, де $\vec{a}$ – радіус-вектор, проведений від точки опори гіроскопа до точки прикладання сили $\vec{F}$. Внаслідок рівняння (1) вектор «швидкості» $\frac{d\vec{L}}{dt}$ буде перпендикулярний до осі фігури гіроскопа. Такий момент сил може змінити лише напрямок вектора $\vec{L}$, а не його довжину. Таким чином, вектор $\vec{L}$, а з ним і вісь фігури гіроскопа повинна виконувати рівномірне обертання навколо осі, перпендикулярної до площини, у якій лежать вектори $\vec{L}$ та $\frac{d\vec{L}}{dt}$. Це обертання і є вимушена прецесія. Вектор кутової швидкості прецесії направлений вздовж цієї осі.

Знайдемо довжину вектора кутової швидкості прецесії $\vec{\Omega}$. Для лінійної швидкості кінця вектора $\vec{L}$, тобто його похідної по часу, можна написати

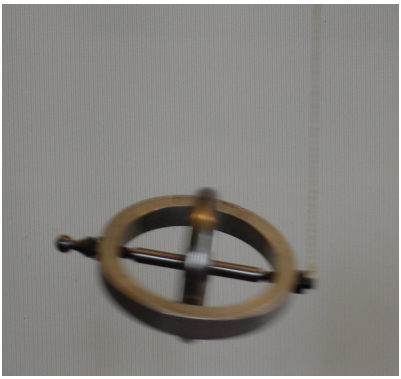
$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \left[\vec{\Omega}\vec{L}\right] = \vec{N}. \qquad (2)$$

У нашому випадку вектор кутової швидкості прецесії перпендикулярний до осі фігури гіроскопа, а тому

$$\Omega = \frac{N}{L} = \frac{N}{I\omega}. \qquad (3)$$

На рис. 4 зображена прецесія гіроскопа у випадку, коли вектор моменту імпульсу направлений по горизонталі, а вектор кутової швидкості прецесії направлений по вертикалі. Прилад висить на нитці (рис. 4а), прикріпленій

до осі збоку, і не перевертається, а виконує повільне обертання навколо нитки і набагато швидше обертання навколо власної осі. У іншому варіанті прилад (рис. 4б) прецесує навколо опори, спираючись на неї одним кінцем осі.



а)

б)

Рис. 4

4. Прецесія Лармора

Як видно із рис. 5, магнітне поле Землі має найбільшу величину близько магнітних полюсів, а найменшу коло магнітного екватора, тобто наближено його можна представити як поле магнітного диполя.

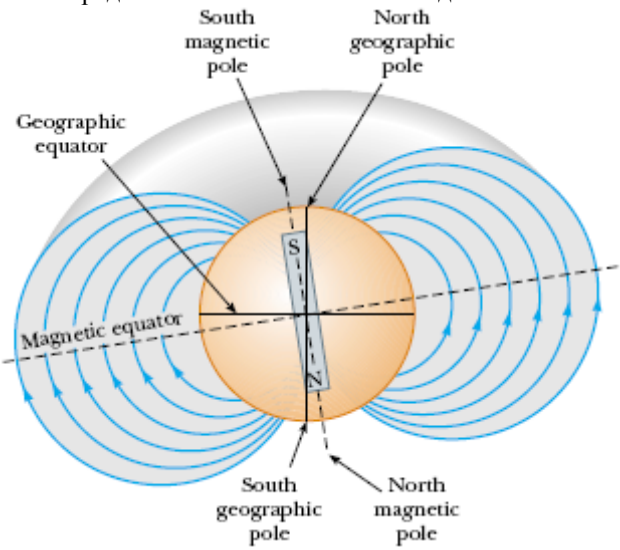


Рис. 5

У цьому магнітному полі заряджені частинки швидко рухаються вздовж нього, відбиваючись від областей сильного магнітного поля коло полюсів («магнітних дзеркал») і обертаючись із великою кутовою швидкістю навколо магнітного поля, а також повільно рухаються (дрейфують або прецесують) упоперек магнітного поля. Магнітне поле Землі є, таким чином, природною пасткою для заряджених частинок (зокрема протонів та електронів), у якій вони утримуються протягом значного часу (утворюючи радіаційні пояси), а потім залишають її, що супроводжується так званими полярними сяйвами.

Вплив накладеного магнітного поля на рух одного або кількох електронів становить зокрема основу для пояснення ефекту Зеемана і діамагнетизму [9]. Оскільки ця книга є вже раритетом, а обговорювані питання вельми важливі, ми наведемо відповідний текст докладно, зробивши мову оригіналу більш сучасною. Готуючись до виведення знайденого Дж. Лармором закону, розглянемо випадок одного електрона, пружно зв'язаного із положенням рівноваги.

Нехай $k\vec{r}$ є пружна сила притягання, що має напрямок до центру. Тоді колова частота ω_0 випливає із рівності сили притягання і відцентрової сили

$$-k\vec{r} + m\omega_0^2\vec{r} = 0, \quad \omega_0 = \pm\sqrt{\frac{k}{m}}\,. \tag{4}$$

Якщо є ще магнітна індукція, вектор якої має напрямок нормально до площини кола, то до зазначених сил додається сила Лорентца, яка у нашому випадку лежить теж у радіальному напрямку, а її величина дорівнює $r\omega B$, якщо ми вибираємо ω позитивним при русі електрона за годинниковою стрілкою навколо напряму поля. Отже при наявності магнітного поля дістаємо для колової частоти наступне рівняння

$$-\omega_0^2 + \omega^2 - 2\omega_L\omega = 0\,, \tag{5}$$

де введено скорочення

$$\omega_L = -\frac{eB}{2m}\,. \tag{6}$$

Припустімо тепер, що магнітне поле таке слабке, що $\omega_L << \omega_0$. В дійсності, ця умова для атомних проблем виконується навіть для найсильніших технічно досяжних полів. Обидва розв'язки одержаного для ω квадратного рівняння такі:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= -\omega_0 + \omega_L, \\ \omega_2 &= +\omega_0 + \omega_L. \end{aligned} \tag{7}$$

Таким чином, електрон, який кружляє за годинниковою стрілкою, дістає приріст ω_L своєї частоти обертів (це є так звана частота прецесії Лармора) і навпаки, електрон, який кружляє проти годинникової стрілки, дістає зменшення своєї частоти на таку ж величину.

Взагалі ми знаємо, що сила, яка діє з боку магнітного поля на електрон,

завжди перпендикулярна до його швидкості. Магнітне поле не може виконати над електроном жодної роботи і через те також не може змінити його кінетичної енергії. Проте, насправді кінетична енергія, наприклад, руху ω_2 більша, ніж енергія початкового руху, а саме на величину

$$\frac{m}{2}\vec{r}^{\,2}\left(\omega_0+\omega_L\right)^2-\frac{m}{2}\vec{r}^{\,2}\omega_0^2\approx m\vec{r}^{\,2}\omega_0\omega_L\,. \tag{8}$$

Як може виникнути цей приріст енергії? Слід зважити на те, що підчас включення магнітного поля згідно рівняння індукції мусить виникнути електричне поле, здатне виконувати роботу. Отже за час одного обігу, тобто за час $\tau=\dfrac{2\pi}{\omega_0}$, електричне поле $\vec{E}$ виконує роботу

$$\oint e\vec{E}d\vec{r}=e\int\limits_F\left(rot\vec{E}\right)_n df=e\left(rot\vec{E}\right)_n r^2\pi\,, \tag{9}$$

а за секунду частину τ від цього, а саме:

$$\left(rot\vec{E}\right)_n\frac{er^2\omega_0}{2}\,. \tag{10}$$

Таким чином, електрон, який кружляє за годинниковою стрілкою, щосекунди виконує роботу

$$-\dot{\vec{B}}\frac{er^2\omega_0}{2}\,. \tag{11}$$

Отже, виконувана при зростанні поля від 0 до B робота загалом дорівнює

$$-\vec{B}\frac{er^2\omega_0}{2}=-mr^2\omega_0\frac{eB}{2m}\,. \tag{12}$$

Коли взяти до уваги значення ω_L, то це є точно знайдений приріст енергії.

При цьому виведенні припускається, що індуктоване електричне поле на протязі одного обороту електрона є майже стале. Взагалі це буває тільки тоді, коли поле зростатиме настільки повільно, що за час зростання поля вже відбудеться чимало оборотів електрона. Таким чином, **вплив магнітного поля, яке повільно включається, на рух електрона полягає у тому, що після включення поля він виконує такий самий рух відносно координатної системи, що обертається із кутовою швидкістю ω_L, який був перед включенням поля відносно нерухомої системи**. Це і є формулювання теореми Лармора.

Через те при спектральному розкладі світла, випроміненого таким електроном, ми чекаємо, як наслідку дії магнітного поля, розщеплення спочатку простої лінії із частотою ω_0 на три лінії із частотами $\omega_0-\omega_L$, ω_0, $\omega_0+\omega_L$ у випадку спостереження упоперек магнітного поля. При спостереженні вздовж магнітного поля маємо бачити дві зміщені лінії у відсутності незміщеної. Це розщеплення вперше спостерігав П. Зееман (1896) і саме на тако-

му шляху тоді ж його пояснив Г.А. Лорентц (Зееман та Лорентц, нобелівська премія 1902 року). У своїй нобелівській лекції Лорентц згадує ще одне магнето-оптичне явище, яке спостерегли російські фізики Н.Г. Єгоров та Н.Н. Георгієвський (1897). Вони знайшли, що натрієве полум'я, вміщене між полюсами електромагніту випромінює частково поляризоване світло. Ось як Лорентц його описує та пояснює: «Я прошу вас представити, що мої руки є протилежні магнітні полюси, а натрієве полум'я знаходиться між ними. Тепер якщо ви знаходитися точно поперед мене, побачите, що вертикальні електричні коливання мають більшу інтенсивність, аніж горизонтальні. Це пов'язано з тим, що пучки, випромінені задньою половиною, частково знов поглинаються, коли вони проходять крізь передню половину. У відповідності з відомим правилом цей ефект поглинання найбільший, коли усі тліючі частинки у полум'ї коливаються з однаковим періодом. Він зменшується, і полум'я яскравішає, якщо ця однорідність періоду коливань порушується якимсь чином. Тепер це робить магнітне поле, оскільки замість одного спільного періоду коливань, воно спричиняє до того, що у гру вступають декілька. Однак, збільшення яскравості у цей спосіб обмежено вертикальними коливаннями у полум'ї, які ми представляємо. На горизонтальні коливання електронів, справа наліво і назад, як це випливає із принципів теорії, магнітне поле не діє зовсім. Висновок такий, що підсилюються тільки вертикальні коливання, а не горизонтальні, що є чинником явища, яке ми спостерігали».

5. Магнітний резонанс

Хоча послідовний розгляд питань електронного парамагнітного та ядерного магнітного резонансу потребує квантово-механічного підходу, тим не менше доцільно скористатися класичним розглядом, тим більше, що ці явища були передбачені саме на такому шляху [10].

Нехай частинка з моментом імпульсу $\vec{L}$ та магнітним моментом $\vec{\mu}$ вміщена у магнітне поле, що є суперпозицією великого постійного поля $\vec{B}_0 = B_0\vec{e}_z$ і невеликого поперечного швидкозмінного поля $\vec{B}_\perp = B\left(\vec{e}_x \sin\omega t + \vec{e}_y \cos\omega t\right)$. На заряджену частинку у магнітному полі діє обертальний момент, так що зміна у часі її моменту імпульсу дорівнює

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \left[\vec{\mu}\vec{B}\right] = g\left[\vec{L}\vec{B}\right] = -g\left[\vec{B}\vec{L}\right]. \tag{13}$$

Тут g – коефіцієнт пропорційності між магнітним моментом та моментом імпульсу частинки, тобто її гіромагнітне відношення.

Знехтуємо швидкозмінним полем у нульовому наближенні. Тоді ми прийдемо до рівняння прецесії (2) із кутовою швидкістю

$$\vec{\Omega} = -gB_0\vec{e}_z\,. \tag{14}$$

Для складових моменту імпульсу упоперек постійного магнітного поля

знайдемо у нульовому наближенні, що

$$L_x^{(0)} = L_0 \cos \Omega t,$$
$$L_y^{(0)} = -L_0 \sin \Omega t. \qquad (15)$$

Тут прийнято, що у початковий момент часу відмінна від нуля x-складова моменту імпульсу. Таким чином, у нульовому наближенні вектор моменту імпульсу прецесує навколо вектора постійного магнітного поля із кутовою швидкістю, яка дорівнює Ω.

Для складової моменту імпульсу уздовж постійного магнітного поля у нульовому наближенні знаходимо, що $L_z^{(0)} = const$, тобто вона залишається незмінною.

Для тієї ж складової у першому наближенні знайдемо, що

$$\frac{dL_z^{(1)}}{dt} = gL_0 B \cos[(\omega - \Omega)t]. \qquad (16)$$

Таким чином, слабке зовнішнє змінне магнітне поле призводить до осциляцій моменту імпульсу малої амплітуди вздовж постійного магнітного поля за винятком умови, коли колова частота змінного магнітного поля дорівнює кутовій швидкості прецесії

$$\omega = \Omega. \qquad (17)$$

Це і є умова магнітного резонансу. Тоді аргумент косинуса звертається на нуль, і поздовжня складова моменту імпульсу змінюється в часі монотонно, так що вектор моменту імпульсу частинки змінює свій напрямок, оскільки його модуль залишається постійним.

Якщо магнітний і механічний моменти частинки обумовлені електронами електронної оболонки атома, то магнітний резонанс називають електронним парамагнітним резонансом (ЕПР); якщо ж атомними ядрами, то його називають ядерним магнітним резонансом ЯМР). Магнітний резонанс широко застосовується для визначення магнітних моментів атомів та атомних ядер, для вивчення будови молекул і кристалів і т. д. Історично спочатку спостерігався ядерний магнітний резонанс з нейтральними атомними молекулярними пучками згідно методу, розробленому І.І. Рабі у 1938 році. Електронний парамагнітний резонанс був відкритий Є.К. Завойським у 1944 р. Його перші спостереження були зроблені на солях групи заліза. Завойський виконував свої експерименти з радіохвилями дециметрового діапазону. Ядерний магнітний резонанс з поглинанням коротких радіохвиль макроскопічними кількостями речовини був спостережений у кінці 1945 р. Е.М. Парселлом, Г.С. Торрі та Р.В. Паундом і незалежно Ф. Блохом, В.В. Хансеном та М. Пакардом (Блох та Парселл, нобелівська премія 1952 року). На рисунку, який узятий із нобелівської доповіді Парселла, представлено чотири елементарні магнітні резонанси.

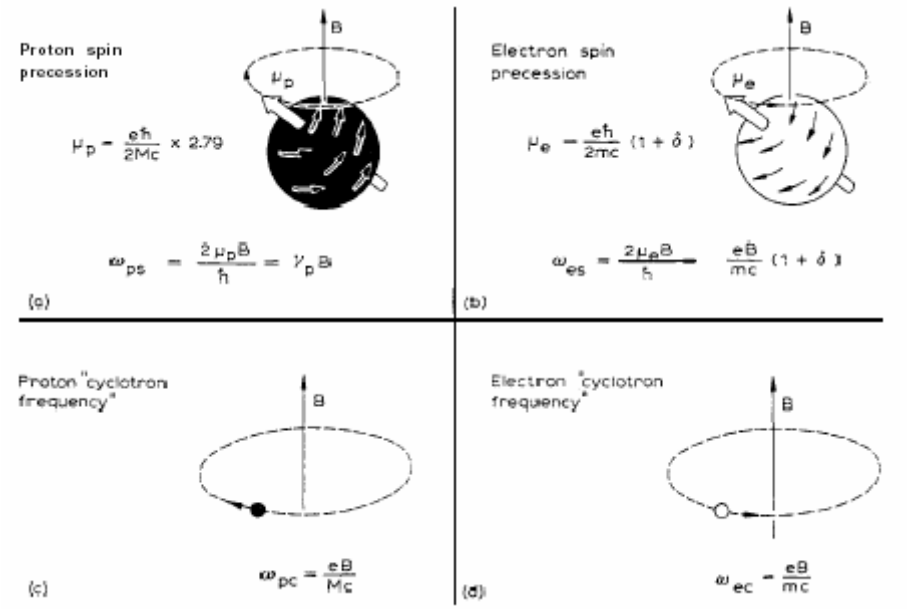


Рис. 6

Тут рис. 6 (a) відображає прецесію спіну протона, а рис. 6 (b) – прецесію спіну електрона, тоді як рис. 6 (c) відображає циклотронне обертання протона, а рис. 6 (d) – циклотронне обертання електрона.

Література:

1. Валійов Б.М., Єгоренков В.Д. Демонстрація взаємопов'язаних явищ на прикладах із статики і динаміки рідини // Міжнародна наукова конференція «Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу», 22 – 24 вересня. – Кам'янець-Подільський, 2005.

2. Валійов Б.М., Гельфгат І.М., Єгоренков В.В., Єгоренков В.Д. Взаємопов'язані рухи в експериментах із механіки // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Збірник наукових праць, Випуск 6, т.2. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2006. – С. 226-237.

3. Валійов Б.М., Єгоренков В.Д., Капустник О.К. Взаємозв'язок деяких явищ в розділі «Молекулярна фізика та термодинаміка» // Матеріали другої всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційні технології навчання в сучасній дидактиці вищої школи» (ІТНСДВШ – Полтава 2007) 13-16 березня 2007 року. Тези доповідей. – Полтава, 2007. – С. 40.

4. Большая Советская Энциклопедия. Третье издание. – М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1975. – Т. 20. – С. 543.

5. Поль Р.В. Механика, акустика и учение о теплоте. – М.: ГИТТЛ,

1957. – С. 118.

6. a) Klein F. und Sommerfeld A. Ueber die Theorie des Kreisels. B. IV, Cap.IX-8 Stabilitaet des Fahrrads, 1910, S. 863-884 (Leipzig:Teubner) (1897).

b) Le Henaff Y. Dynamical stability of the bicycle. Eur. J. Phys. **8** (1987) 207-210.

c) A. L. Schwab, J. P. Meijaard and J. M. Papadopoulos Benchmark Results on the Linearized Equations of Motion of an Uncontrolled Bicycle.KSME International Journal of Mechanical Science and Technology, 19(1), 2005, pp.292-304.

7. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. 3-е издание. – М.: ОНИКС 21 век; Мир и образование, 2003. – С. 323.

8. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 1. Механика. – М., 1979. – С. 268.

9. Беккер Р. Теорія електрики. Т. II. Електронна теорія. – Харків-Київ: ОНТИ-НКТП, 1935. – С. 94.

10. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 5 (1) Атомная физика. – М., 1979. – С. 262.

ДЕМОНСТРАЦИЯ ЯВЛЕНИЯ МАГНИТОСТРИКЦИИ МЕТОДОМ ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

А.А. Безлепкин, С.П. Кунцевич
г. Харьков, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина
a.bezlyepkin@univer.kharkov.ua

В курсе «Физика магнитных явлений» рассматривается явление магнитострикции, в частности прямой и обратный эффект взаимосвязи магнитная подсистема – кристаллическая решетка. Целесообразно теоретическое рассмотрение дополнить экспериментальным исследованием в рамках лекционной демонстрации или лабораторной работы.

В данной работе показано, что используя в качестве объекта исследования совершенные кристаллы железо-иттриевого граната (ЖИГ) с узкой линией ферромагнитного резонанса (ФМР) можно методом ФМР экспериментально изучить обратный магнитоупругий эффект в рамках лекционной демонстрации или лабораторной работы.

Намагничивание ферро- и ферримагнетиков сопровождается возмущением энергии анизотропии и анизотропными деформациями, при которых нарушается симметрия кристаллов. Это явление называется анизотропной магнитострикцией. При феноменологическом рассмотрении явление магнитострикции обусловлено тем, что общее энергетическое состояние магнитного кристалла меняется при изменении ориентации вектора намагниченности относительно кристаллографических осей. Кристалл при изменении магнитного состояния деформируется так, чтобы имел место минимум свободной энергии.

Анизотропные магнитострикционные деформации $\Delta l/l$ можно описать соотношением

$$\frac{\Delta l}{l} = \lambda_{ijkl}\beta_i\beta_j\alpha_k\alpha_l\,, \qquad (1)$$

где λ_{ijkl} – тензор констант магнитострикции; α_k, α_l – направляющие косинусы вектора намагниченности; β_i, β_j – направляющие косинусы направления измерения магнитострикции.

Число независимых компонент тензора магнитострикции λ_{ijkl} определяется симметрией кристалла. Константы магнитострикции могут быть определены путем измерения относительных механических деформаций, возникающих при возмущении энергии анизотропии. Можно также наблюдать обратный магнитоупругий эффект, когда под действием одноосного упругого напряжения изменяется энергия анизотропии и, соответственно, поле магнитной анизотропии. Изменение поля анизотропии можно зафиксировать, наблюдая ФМР.

Частота ФМР однодоменного кристалла в форме шара определяется соотношением

$$\left(\frac{\omega}{\gamma}\right)^2 = \frac{1}{I^2 \sin^2\theta_0}\left\{\frac{\partial^2 F}{\partial\theta^2}\frac{\partial^2 F}{\partial\varphi^2} - \frac{\partial^2 F}{\partial\theta\partial\varphi}\right\} \qquad (2)$$

где I – намагниченность насыщения;

F – плотность свободной энергии;

θ_0 – полярный угол, задающий равновесную ориентацию вектора намагниченности;

θ, φ – полярный и азимутальный углы, задающие ориентацию вектора $\vec{I}$;

γ – магнитомеханическое отношение.

Выражение для F можно представить в виде

$$F=F_a+F_z+F_{me}, \qquad (3)$$

где F_a – энергия магнитной кристаллографической анизотропии,

F_z $-(\vec{I}\vec{H})$ энергия магнитного момента $\vec{I}$ в магнитном поле $\vec{H}$;

F_{me} – магнитоупругая энергия.

Магнитоупругая энергия представляет собой составляющую энергии анизотропии и обусловлена приложенным одноосным упругим напряжением [1].

Для кристаллов кубической симметрии (например, железо-иттриевого граната)

$$F_a = K_1\left(\alpha_x^2\alpha_y^2 + \alpha_x^2\alpha_z^2 + \alpha_y^2\alpha_z^2\right) \qquad (4)$$

и

$$\begin{aligned} F_{me} = \frac{3}{2}\sigma\lambda_{100}\left(\alpha_x^2\gamma_x^2 + \alpha_y^2\gamma_y^2 + \alpha_Z^2\gamma_z^2\right) + \\ +3\sigma\lambda_{111}\left(\alpha_x\alpha_y\gamma_x\gamma_y + \alpha_x\alpha_Z\gamma_x\gamma_z + \alpha_y\alpha_Z\gamma_y\gamma_z\right) \end{aligned} \qquad (5)$$

где K_1 – константа энергии анизотропии; α_i – направляющие косинусы вектора $\vec{I}$, σ – величина упругого одноосного напряжения, λ_{100} и λ_{111} – константы магнитострикции; γ_i –направляющие косинусы, задающие ориентацию упругого одноосного напряжения.

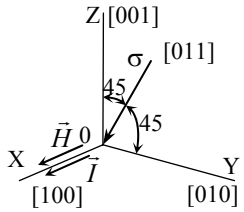


Рис. 1

Геометрия опытов при наблюдении обратного магнитоупругого эффекта приведена на рис. 1. Одноосное упругое напряжение приложено к шаро-

образному образцу в направлении [011], магнитное поле $\vec{H}$ и намагниченность $\vec{I}$ ориентированы вдоль направления [100]. Для рассмотренной геометрии опыта из соотношений (1)–(3) можно получить взаимосвязь между частотой ФМР ω, величиной резонансного поля H и величиной одноосного упругого напряжения σ [2].

$$\frac{\omega}{\gamma} = H + \frac{2K_1}{I} + \frac{3}{2}\sigma\lambda_{100}\,. \qquad (6)$$

В выражении (6) второе слагаемое – поле анизотропии при отсутствии напряжения, третье слагаемое – добавка к полю анизотропии, обусловленная приложенным одноосным напряжением σ. Когда эксперимент проводится при выполнении условия ω=const то при снятии напряжения (σ=0) резонансное поле изменится на величину δH, поэтому

$$\delta H_{[100]} = \frac{3}{2}\frac{\sigma\lambda_{100}}{I}\,, \qquad (7)$$

где σ – напряжение в экваториальном сечении шарообразного образца.

Исследуя экспериментально зависимость сдвига резонансного поля от приложенного напряжения, можно определить константу магнитострикции λ_{100}.

Функциональная схема устройства для наблюдения ФМР приведена на рис. 2.

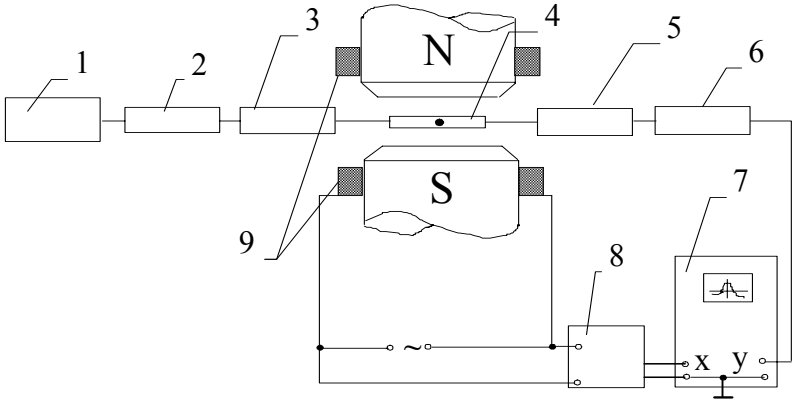


Рис. 2

СВЧ-мощность от клистронного генератора 1 через вентиль 2 и аттенюатор 3 поступает в волновод 4, где находится исследуемый образец. Эта часть волновода расположена между полюсными наконечниками электромагнита. Катушки 9 для модуляции постоянного магнитного поля электромагнита, питающиеся электрическим током промышленной частоты, созда-

ют магнитное поле, которое изменяется со временем. При изменении магнитного поля вблизи резонансного значения ФМР изменяется и СВЧ-мощность, которая проходит через волновод, и таким образом будет промодулирована сигналом поглощения. Низкочастотная составляющая сигнала поглощения выделяется детектором 5, усиливается усилителем 6 и подается на вертикально отклоняющие пластины осциллографа 7. Развертка осциллографа осуществляется напряжением от модулирующих катушек через фазосдвигающую цепь 8. На экране осциллографа наблюдается неподвижная картинка резонансного поглощения СВЧ-мощности. Одноосное упругое напряжение создается путем сжатия образца между двумя кварцевыми стержнями силой определенной величины. На рис. 3 показана зависимость деформационных сдвигов резонансного поля для образца ЖИГ, имеющего ширину линии ФМР 5 Э.

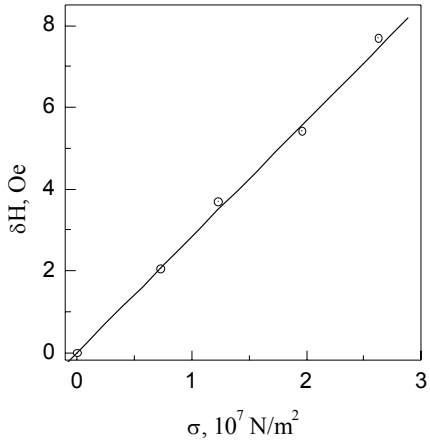


Рис. 3

Как следует из рисунка, в соответствии с соотношением (7) имеет место линейная зависимость δH от σ. Координата горизонтальной развертки электронного осциллографа соответствует определенному значению приложенного к образцу внешнего магнитного поля. Поэтому, создавая в образце упругое напряжение определенной величины, можно вызывать обратный магнитоупругий эффект – изменение величины поля анизотропии и, как следствие, изменение положения линии на экране осциллографа.

Описанное устройство можно использовать для выполнения лабораторной работы. При этом имеется возможность:

1. Изучить угловые зависимости резонансного поля ФМР и определить поле анизотропии образца.
2. Изучить деформационные изменения резонансного поля ФМР $\delta H_{[100]}=f(\sigma)$.
3. Определить, воспользовавшись соотношением (7), константу магни-

тострикции λ_{100} железо-иттриевого граната при комнатной температуре.

Литература:

1. Крупичка С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов. – М.: Мир, 1976. – Т. 2. – 443 с.

2. K.I. Arai. Jap. J. of Appl. Phys., 1972, vol. 11, № 9, p. 1303-1307.

РОЗРОБКА КОМПОНЕНТІВ ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ «МЕХАНІКА»

С.М. Пастушенко
м. Київ, Національний авіаційний університет
spas@univ.kiev.ua

В роботах [1–5] проводився аналіз можливих шляхів реалізації кредитно-модульної систем організації навчального процесу (КМСОНП) в курсі фізики в технічному університеті. Розвитком цих ідей є розробка нових педагогічних технологій, застосованих автором в останні роки під час викладання курсу фізики в Національному авіаційному університеті, м. Київ. Слід зазначити, що педагогічні новації автора даної статті проводяться в рамках функціонування кредитно-модульної системи навчання, розробленої на кафедрі теоретичної фізики НАУ в 2002-2004 рр. [1; 2].

На наш погляд, під час структурування змістових модулів з фізики у кредитно-модульній системі організації навчального процесу у вищих навчальних закладах (далі ВНЗ) повинні використовуватися новітні освітні технології навчання фізики, побудовані з урахуванням системного підходу і професійної спрямованості курсу фізики. При цьому, методичне забезпечення змістового модуля з фізики повинно містити наступні складові (*компоненти модуля*):

1. Короткий повторювальний курс за середню школу з того розділу чи кількох розділів даної дисципліни (фізики), які є базою для засвоєння даного модуля у ВНЗ. Студент під час навчання повинен мати можливість не звертаючись до базових шкільних підручників у стислі строки згадати, поновити у пам’яті або повторити зміст основних понять і законів, формули, інші необхідні відомості з даної навчальної теми, з даного розділу фізики.
2. Питання програми з курсу даної дисципліни, що входять до даного модуля.
3. Навчальний робочий план вивчення модуля. У плані наводиться тематика лекцій, практичних та лабораторних занять і вказується номер тижня, починаючи з першого тижня семестру, на якому будуть прочитані лекції чи проведені інші заняття, а також час проведення підсумкової модульної контрольної роботи. В робочому плані наводиться також список рекомендованої основної та додаткової літератури.
4. Короткий конспект лекцій до даного модуля, а також як додатковий навчальний матеріал – базовий навчальний посібник для забезпечення можливості поглибленого вивчення усіх чи окремих питань з даного модуля.
5. Таблиці варіантів задач для самостійного розв’язування. При цьому окремо виділяються задачі, обов’язкові для всіх студентів, й індивідуальні задачі для кожного студента.
6. Приклади розв’язування розрахункових задач і відповідей на якісні задачі та контрольні запитання.

7. Опис лабораторних робіт, інструкції до їх виконання, приклади оформлення звітів з лабораторних робіт, а також контрольні запитання до даної лабораторної роботи, на які треба відповідати під час допуску до роботи та її захисту.

8. Тлумачний словник термінів і понять, що охоплюють матеріал даного модуля.

9. Зразки тестів і білетів до модульної контрольної роботи. При цьому важливим є те, що питання білетів повинні бути сформульовані так само, як і під час проведення поточного контролю знань на «летючих» 15-хвилинних контрольних і під час допуску й захисту лабораторних робіт, як це зазначалося в роботах [1; 2].

Розглянемо деякі з перелічених складових модуля, що пов'язані із забезпеченням викладачів і студентів навчально-методичною літературою. З наведеного переліку видно, що такими складовими є перелічені у пунктах 1, 4, 6, 7, 8. При цьому в даній статті розглянемо лише методичне забезпечення змістового модуля «Механіка».

Короткий повторювальний курс фізики (пункт 1) є необхідним для інтенсивного повторення шкільного курсу під час *самостійної роботи* студентів. З цієї метою в навчальному процесі з фізики в Національному авіаційному університеті ми підсилюємо шкільний курс фізики, випускаючи довідкову літературу для випускників середніх шкіл і студентів ВНЗ для повторення навчального матеріалу (навчальний посібник [6]). Наш педагогічний досвід доводить необхідність використання такого довідника під час вивчення фізики у ВНЗ. Тому його використовують також студенти багатьох ВНЗ м. Києва.

В якості конспекту лекцій з теоретичного матеріалу до всіх модулів з фізики в НАУ виступає вже добре відомий педагогічній громадськості навчальний посібник [7]. Як основний підручник, в якому курс фізики викладається більш повно, послідовно і з достатньою глибиною розгляду окремих тем, з виведенням потрібних формул і закономірностей, рекомендуються посібники [8–10]. На наш погляд, оптимальним є поєднання в навчальному процесі посібників [7] і [8], користуючись якими, студент має можливість вибирати між відносно коротким і більш повним викладом навчального матеріалу. Зазначимо також, що посібник [8] студенти можуть використати як докладний довідник, в якому є достатньо матеріалу для підготовки рефератів і доповідей на студентських наукових конференціях.

Важливою складовою будь-якого модуля з фізики є фізичні задачі (пункт 6 переліку компонентів структури). Розв'язання фізичних задач вимагає від учнів «мисленнєвих та практичних дій на основі використання законів і методів фізики, спрямованих на оволодіння знаннями з фізики, вміннями застосовувати їх на практиці й розвиток мислення» [11]. На практичних заняттях для самостійної роботи ми використовуємо задачі, наведені в посібнику [7], а для оволодіння методами розв'язування задач рекоменду-

ємо посібник [12], в якому є багато прикладів розв'язання типових задач. Заняття з лабораторного практикуму на кафедрі теоретичної фізики НАУ також проводяться за посібником [7].

Новим компонентом структури змістового модуля є пропонований нами тлумачний словник термінів і понять до навчального матеріалу кожного модуля. Загальна мета фізичного словника – дати визначення найважливіших фізичних термінів в об'ємі програми курсу фізики. Але в кредитно-модульній системі організації навчального процесу виникає необхідність формування словника термінів з кожного модуля, оскільки «*модуль* – це завершена частина ... навчальної дисципліни ...», а «*змістовий модуль* – це система навчальних елементів, що поєднана за ознакою відповідності певному навчальному об'єктові» [13]. У словнику мають бути наведені правильні формулювання назв, визначень і позначень фізичних величин, сформульовані і подані за відповідними державними стандартами. Словник повинен регламентувати єдині правила написання, позначення й використання фізичних величин та їхніх одиниць, що є дуже важливим, коли фізичні терміни і поняття використовуються в загально-технічних і спеціальних дисциплінах. Тому наявність словника термінів для кожного змістового модуля буде сприяти встановленню правильних міжпредметних зв'язків між фізикою й іншими дисциплінами, що входять до робочих навчальних планів підготовки бакалаврів з конкретних напрямів і спеціальностей. Формування словника повинно також гармонізувати визначення і позначення фізичних величин і одиниць з міжнародними документами та нормативними актами України. Серед них насамперед слід зазначити Закони України «Про метрологію та метрологічну діяльність» і «Про мови в Україні».

Словник термінів може бути вміщений не лише в підручнику (посібнику з теоретичного матеріалу), але й у збірнику задач. Наприклад у задачнику, який ми використовуємо на факультеті літальних апаратів Аерокосмічного інституту НАУ під час вивчення модуля «Механіка» ми вміщуємо в додатку «Словник деяких фізичних і технічних термінів», необхідних для розуміння фізичних задач із професійною (авіаційною) тематикою. Наведемо приклади таких задач і тлумачення термінів, які зустрічаються в задачах.

Задача 1. Літак АН-140 летить із крейсерською швидкістю υ=575 км/год. Густина повітря на висоті польоту ρ=0,7 кг/м^3, коефіцієнт динамічної в'язкості повітря η=9,4 мкПа·с. Товщина граничного шару повітря на поверхні крила в середньому становить d=2 мм, сумарна площа крил S=51 м^2. Оцініть силу в'язкого опору повітря, що діє на поверхні крил.

У словнику термінів знаходимо: КРЕЙСЕРСЬКА ШВИДКІСТЬ – швидкість польоту на найбільш економному режимі. На цій швидкості зазвичай виконують рейси літаки.

Задача 2. Літаку треба летіти в південно-західному напрямі, повітряна швидкість літака становить 400 км/год. Під яким кутом до південного напряму треба летіти, якщо на висоті польоту дме західний вітер з швидкістю

70 км/год? Якою буде за цих умов швидкість літака відносно Землі (шляхова швидкість)?

ПОВІТРЯНА ШВИДКІСТЬ ЛІТАКА – швидкість літака відносно повітря. У теоретичній механіці П.Ш.Л. називають також *відносною швидкістю*, а швидкість вітру – *переносною швидкістю*.

ШЛЯХОВА ШВИДКІСТЬ ЛІТАКА (абсолютна швидкість) – швидкість літака відносно Землі. У теоретичній механіці Ш.Ш.Л. називають також *абсолютною швидкістю*.

Висновки

Проведене структурування змістового модуля з фізики (Модуль 1 «Механіка») відповідно до вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу у ВНЗ, при цьому використані нові освітні технології навчання фізики, побудовані з урахуванням професійної спрямованості курсу фізики.

На основі розробленої автором педагогічної системи навчання фізики в технічному університеті можуть бути розроблені і запропоновані для використання в навчальному процесі різні окремі освітні технології навчання фізики, що враховують специфіку даного ВНЗ. Сучасні освітні технології навчання фізики повинні враховувати контингент студентів даного ВНЗ, специфіку їх майбутньої професійної діяльності і пов'язану з цим відмінність обсягів курсу фізики (за кількістю аудиторних навчальних годин) і певну специфіку його викладання.

Література:

1. Куліш В.В., Кулішенко В.М., Кузнєцова О.Я., Пастушенко С.М. Модульно-рейтингова система в курсі фізики для інженерних спеціальностей: досвід застосування в сучасних умовах // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Збірник наукових праць Національної металургійної академії України. Т. 2, вип. 4: – Кривий Ріг. Видавничий відділ НМетАУ, 2004. – С. 244–252.
2. Куліш В.В., Кулішенко В.М., Кузнєцова О.Я., Пастушенко С.М. Використання рейтингово-модульної системи у курсі фізики на кафедрі фізики №1. Вісник Національного авіаційного університету. – К.: НАУ, 2003. – №1. – С. 151–159.
3. Пастушенко С.М. Структура змістового модуля у курсі фізики в технічному університеті // Фізика в школі. – 2005. – № 5. – С. 23–27.
4. Пастушенко С.М. Модульне структурування курсу фізики і впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Засоби і методи навчання фізики», Чернігівський держ. пед. ун-т ім. Т.Г. Шевченка. 25-27 червня 2004 р. – С. 12–17.
5. Пастушенко С.М. Модульное структурирование курса физики в техническом университете. // Управление качеством обучения в системе не-

прерывного профессионального образования (в контексте Болонской декларации): Научные труды XXII Международной научно-методической конференции (г. Москва, МГУТУ, 21-22 марта 2006 г.). – С. 336–342.
6. Пастушенко С.М., Пастушенко Т.С. Фізика: Довідник для учнів середніх навчальних закладів: Означення, закони і формули. Вид. 7-е, доповн. – К.: Національний авіаційний університет, «Діал», Кам'янець-Поділ.: Абетка. – 2007. – 352 с.
7. Фізика для інженерних спеціальностей. Кредитно-модульна система: Навч. посібник. – У 2 ч. – Ч.1. / В.В. Куліш, А.М. Соловйов, О.Я. Кузнєцова, В.М. Кулішенко. – К.: НАУ, 2004. – 456 с.
8. Пастушенко С.М. Загальна фізика: Механіка: Навч. посібник. – К.: НАУ, 2002. – 284 с.
9. Горбачук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики: Навч. посібник для студентів вищих техн. і пед. закладів освіти. Т. 1.: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Техніка, 1999. – 536 с.
10. Чолпан П. П. Фізика: Підручник. – К.: Вища шк., 2004. – 567 с.
11. Усова А.В., Тулькибаева Н.Н. Практикум по решению физических задач. Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. – М.: Просвещение, 1992. – 208 с.
12. Пастушенко С.М., Максимов С.Л., Нетреба Ж.М. Розв'язування задач з загальної фізики. Механіка. Електродинаміка. Фізика коливань. Навч. посібник. – К.: НАУ, 2001. – 212 с.
13. Тимчасове положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців / Наказ МОН України від 23.01.2004 р. № 48.

ПОНЯТИЕ СИЛЫ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Ю.А. Мушенков
г. Днепропетровск, Национальная металлургическая академия Украины
mushenkov@i.ua

Классической или теоретической механикой принято называть раздел механики, в котором изучаются математические модели механических движений и механических взаимодействий абсолютно твердых материальных тел. Поэтому каждое понятие и каждая математическая модель любого изучаемого механического движения должны быть ясными и четкими, адекватно отображающими соответствующее явление, ибо в противном случае все прекрасное здание классической механики будет покоиться на зыбком фундаменте. Здесь необходимо следовать И. Ньютону, у которого вольное истолкование слов, особенно в «Математических началах натуральной философии», было заменено оперированием тщательно избранными и выверенными понятиями, основанными на экспериментах. Ньютон настойчиво предостерегал против путаницы, которая неизбежно возникает, если первичные понятия будут определены нечетко.

С понятием механического действия одного материального тела на другое тесно связано важнейшее понятие механики – *сила*. Исторически понятие силы, в том смысле, в каком оно применяется в статике, возникло очень давно. Статическое понятие силы, так же как давление одного тела на другое, давление тяжести на руку и т.п. фигурирует уже в древних трактатах по механике. Первые попытки установления основных свойств сил принадлежат знаменитому Архимеду (287–212 гг. до н.э.), но до сих пор понятие силы вводится и излагается различными авторами по-разному. Вследствие этого у изучающих механику может возникнуть путаница.

Так, например, в широко распространенном в вузах учебнике [1] дается такое определение:

Величина, являющаяся количественной мерой механического взаимодействия материальных тел, называется силой.

И, далее, *сила является величиной векторной*. Затем вводятся аксиомы статики и, в частности, аксиома параллелограмма сил.

Но если сила является вектором, то, как известно, для векторов вводятся аксиоматически линейные операции: умножение вектора на число и сложение векторов, в частности, для неколлинеарных векторов, справедливо правило параллелограмма. Т.е. нелогичность такого введения понятия силы очевидна: либо сила определяется как вектор и тогда правило параллелограмма сложения неколлинеарных сил излишне, либо необходимо доказать, что сила является векторной величиной. Требуется уточнить также понятие меры.

В учебнике [2], рекомендованном для университетов, сила определяет-

ся как *величина, являющаяся мерой механического взаимодействия материальных тел, называется в механике силой*, т.е. почти дословно, как и в [1].

В [3] понятие силы вводится в качестве определения:

Сила есть векторная величина, описывающая взаимодействие материальных точек. Говорят, что сила приложена к материальной точке.

Наиболее подробно понятие силы и свойства сил рассмотрены в ранних изданиях учебников по теоретической механике Л.Г. Лойцянского и А.И. Лурье. При этом они предупреждают о том, что нельзя согласиться с такой постановкой вопроса, когда «вообще достаточно про какую-нибудь величину сказать, что она вектор, для того, чтобы уже быть убежденным, что такая величина складывается по правилу параллелограмма» [4].

Примеров подобного рода можно приводить достаточно много. Все это диктует необходимость четкого определения статической силы и обоснования ее в качестве векторной величины как математической модели механического взаимодействия материальных тел.

Что прежде всего обращает на себя внимание при механическом действии одного материального тела на другое? Это действие характеризуется: 1) величиной (неотрицательной); 2) направлением в пространстве и 3) точкой приложения.

И. Ньютон так характеризует силу [5]:

Приложенная сила есть действие, производимое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Сила прилагается единственно только в действии, и по прекращению действия в теле не остается. Тело продолжает затем удерживать свое новое состояние вследствие одной только инерции. Происхождение приложенной силы может быть различное: от удара, от давления, от центростремительной силы.

В результате в качестве характеристики механического действия на тело T_1 другого тела T_2 может быть выбрана некоторая абстрактная величина $\overline{F}$ (force), независимая от ее природы и происхождения, имеющая модуль, направление и точку приложения. Эту величину будем называть сосредоточенной силой и изображать направленным отрезком прямой, начало которого совпадает с точкой приложения силы, а направление совпадает с направлением действия тела T_2 на тело T_1. Длина направленного отрезка, изображающего силу, представляет в масштабе модуль силы.

Рассмотрим далее и поясним те свойства сил, которые можно принять в качестве аксиом, используя накопленный многими веками опыт.

Аксиома 1. *Сила, действующая на тело, имеет определенную неотрицательную величину (модуль), направление в пространстве и точку приложения.*

Такая сила, подчеркнем еще раз, называется сосредоточенной силой и обозначается символом $\overline{F}$. Величина или модуль сосредоточенной силы

обозначается $\left|\overline{F}\right|$ или F. Размерность модуля силы H – ньютон, т.е. $[F]=1\ H$.

Естественно, для обозначения силы употребляются и другие буквы латинского алфавита (латиницы), как правило, заглавные.

Определение 1. *Прямая, проходящая через точку приложения силы, вдоль которой действует сила, называется ее линией действия или основанием.*

Определение 2. *Сосредоточенная сила, модуль которой равен нулю, называется нулевой силой и обозначается* $\overline{0}$. *Нулевая сила имеет точку приложения и модуль, но направление ее в пространстве не определено.*

Материальное тело может взаимодействовать с несколькими телами, и тогда к различным его точкам могут быть приложены силы. Следовательно, уместным будет введение понятия системы сил.

Определение 3. *Любая совокупность сил, действующая на материальное тело, называется системой сил.*

Систему сил будем обозначать либо одной буквой латинского алфавита, например, S, либо

$$\left\{\overline{F_\alpha}\right\}_{\alpha\in A},$$

где α – переменная (индекс); A – область определения (значения) индекса α.

Рассмотрим классификацию систем сил.

Определение 4. *Конечной системой сил называется система сил, число сил которой конечно, т.е. система сил, для которой существует натуральное число* $n\in N$, *являющееся числом ее сил.*

Конечную систему сил, состоящую из n сосредоточенных сил, будем обозначать

$$\left\{\overline{F_i}\right\}_{i=1}^{n}=\left\{\overline{F_1},\overline{F_2},\ldots,\overline{F_n}\right\}.$$

Теоретически наряду с конечной системой сил может существовать счетная система сил.

Определение 5. *Система сил называется счетной, если ее силы можно занумеровать в бесконечную числовую последовательность. Иначе, система сил называется счетной, если она и множество натуральных чисел равномощны.*

Счетная система сил обозначается

$$\left\{\overline{F_i}\right\}_{i=1}^{\infty}=\left\{\overline{F_1},\overline{F_2},\ldots,\overline{F_i\ldots}\right\}.$$

Определение 6. *Конечная и счетная системы сил называются дискретными системами сил.*

Альтернативой дискретным системам сил является непрерывная система сил.

Определение 7. *Система сил, не являющаяся дискретной, называется непрерывной системой сил.*

К непрерывным системам сил относятся поверхностные и объемные

силы, действующие на абсолютно твердое тело.

Выведем понятия о системах сил, которые будут необходимы как для дальнейшего изложения, так и для применения в механике.

Определение 8. *Система сил, которая будучи приложенной к свободному абсолютно твердому телу, находящемуся в покое, не выводит его из этого состояния, называется уравновешенной системой сил.*

Очевидно, что система $\{\overline{0}\}$ – уравновешенная.

Определение 9. *Система сил, которая вместе с заданной системой сил составляет уравновешенную систему сил, называется системой сил, уравновешивающей заданную систему сил, т.е.* $\{\overline{P}_i\}_{i=1}^m$ *– система сил, уравновешивающая систему* $\{F_k\}_{k=1}^n \Leftrightarrow \{\overline{F}_k\}_{k=1}^n \bigcup \{\overline{P}_i\}_{i=1}^n$ *– уравновешенная система сил.*

Если уравновешивающая система сил состоит из одной и только одной силы, то эта сила называется *силой, уравновешивающей заданную систему сил.*

Теперь можно ввести весьма важное для дальнейшего изложения и для всей статики понятие статической эквивалентности систем сил.

Определение 10. *Две системы сил, имеющие одну и ту же уравновешивающую каждую из них систему сил, называются эквивалентными.*

Обозначается $S_1 \sim S_2$ или $\{\overline{F}_i\}_{i=1}^n \sim \{\overline{P}_k\}_{k=1}^m$.

Ясно, что уравновешенная система сил эквивалентна системе, состоящей из одной нулевой силы, т.е. $S = \{\overline{F}_i\}_{i=1}^n$ – уравновешенная $\Leftrightarrow \{\overline{F}_i\}_{i=1}^n \sim \{\overline{0}\}$.

Определение 11. *Если система сил эквивалентна системе, состоящей из одной и только одной силы, то эта сила называется равнодействующей данной системы сил, т.е.* $\{\overline{F}_i\}_{i=1}^n \sim \{\overline{R}\} \Leftrightarrow \overline{R}$ *– равнодействующая* $\{\overline{F}_i\}_{i=1}^n$.

Эквивалентные системы сил обладают следующими свойствами, которые столь очевидны, что можно воздержаться от их доказательств:

1) $S \sim S$ *– рефлексивность;*
2) $S_1 \sim S_2 \Rightarrow S_2 \sim S_1$ *– симметричность;*
3) $S_1 \sim S_2 \& S_2 \sim S_3 \Rightarrow S_1 \sim S_3$ *– транзитивность.*

Аксиома 2 (о существовании и единственности равнодействующей системы сил, приложенных в одной точке тела). *Всякая система сил, приложенная в одной и только одной точке абсолютно твердого тела, имеет одну и только одну равнодействующую, приложенную в той же точке данного тела.*

Следующие аксиомы позволяют найти равнодействующие системы сил, приложенных в одной точке абсолютно твердого тела, т.е. ввести линейную операцию сложения сил.

Аксиома 3 (параллелограмм сил). В формулировке И. Ньютона [5] эта

аксиома гласит:

При силах совокупных тело описывает диагональ параллелограмма в то же самое время, как его стороны – при раздельных.

Скорее всего, это относится к динамике. Для системы двух сил, приложенных в одной точке абсолютно твердого тела, более уместна следующая трактовка:

Система двух неколлинеарных сил, приложенных в одной и той же точке абсолютно твердого тела, имеет единственную равнодействующую, приложенную в той же точке данного тела. Эта равнодействующая изображается диагональю параллелограмма, построенного на векторах, изображающих силы данной системы, как на сторонах, модуль ее равен длине диагонали, выходящий из точки приложения, и она направлена вдоль этой диагонали от точки приложения к другому ее концу.

Если $\overline{R}$ – равнодействующая $\left\{\overline{F_1}, \overline{F_2}\right\}$ *и* $\overline{F_1} \amalg \overline{F_2}$, то пишут $\overline{R} = \overline{F_1} + \overline{F_2}$ и говорят, что $\overline{R}$ – сумма сил $\overline{F_1}$, $\overline{F_2}$ и при этом

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_1^2 + 2F_1F_2\cos(\alpha)},$$

где α – угол между силами $\overline{F_1}$ и $\overline{F_2}$.

Таким образом, каждой паре неколлинеарных сил $\overline{F_1}$ и $\overline{F_2}$, приложенных в одной точке тела, ставится в соответствии одна и только одна сила $\overline{R}$, приложенная в той же точке, являющаяся равнодействующей данных сил.

Аксиома 4 (о равнодействующей системы двух сонаправленных сил). *Система двух сонаправленных сил, приложенных в одной и той же точке абсолютно твердого тела, имеет равнодействующую, приложенную в той же точке данного тела, сонаправленную с силами данной системы, модуль которой равен сумме модулей сил этой системы, т.е.*

$\overline{F_1} \uparrow\uparrow \overline{F_2} \Rightarrow \overline{R} = \overline{F_1} + \overline{F_2} \,\&\, \overline{R} \uparrow\uparrow \overline{F_1} \,\&\, R = F_1 + F_2 \,\&\, \overline{R}$, $\overline{F_1}$, $\overline{F_2}$ *приложены в одной и той же точке данного тела.*

Аксиома 5 (о равнодействующей системы двух противоположно направленных сил). *Система двух противоположно направленных сил, приложенных в одной и той же точке абсолютно твердого тела, имеет равнодействующую, приложенную в той же точке данного тела. Она сонаправлена с той силой данной системы, которая имеет больший модуль, ее модуль равен модулю разностей модулей сил этой системы, т.е.*

$\overline{F_1} \uparrow\downarrow \overline{F_1} \,\&\, F_1 \rangle F_2 \Rightarrow \overline{R} = \overline{F_1} + \overline{F_2} \,\&\, \overline{R} \uparrow\uparrow \overline{F_1} \,\&\, R = \left|F_1 - F_2\right| \,\&\, \overline{R}$, $\overline{F_1}$, $\overline{F_2}$ *приложены в одной и той же точке данного тела.*

Следствие 1. *Система двух сил, приложенных в одной и той же точке абсолютно твердого тела, будет уравновешенной тогда и только тогда, когда эти силы равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в про-*

тивоположные стороны, т.е. $\{\overline{F_1},\overline{F_2}\}\sim\{\overline{0}\}\Leftrightarrow F_1=F_2\ \&\ \overline{F}_1\uparrow\downarrow\overline{F_2}\ \&\ \overline{F}_1,\overline{F_2}$ *приложены в одной и той же точке данного тела.*

Необходимость. Если предположить, что $\{\overline{F_1},\overline{F_2}\}\sim\{\overline{0}\}$ и силы $\overline{F_1}$, $\overline{F_2}$ либо не равны по модулю, либо не противоположно направлены, то, как следует из предыдущей аксиомы, система сил будет неуравновешенной, а это противоречит условию.

Достаточность вполне очевидна.

Определение 12. *Если* $\{\overline{F_1},\overline{F_2}\}\sim\{\overline{0}\}$ *и силы* $\overline{F_1}$, $\overline{F_2}$ *имеют одну и ту же точку приложения, то они называются взаимно противоположными.*

При этом пишут $\overline{F_1}+\overline{F_2}=\overline{0}$ или $\overline{F_1}=-\overline{F_2}$ и говорят, что сила $\overline{F_2}$ противоположна силе $\overline{F_1}$.

Аксиома 6 (о коммутативности системы двух сил). *Система двух сил, приложенных в одной и той же точке абсолютно твердого тела, обладает свойством коммутативности относительно сложения, т.е.*

$$\overline{R}=\overline{F_1}+\overline{F_2}=\overline{F_2}+\overline{F_1}.$$

Иначе, от перемены слагаемых сил, приложенных в одной точке тела, их сумма не меняется.

Это свойство настолько очевидно, что широко применялось на практике с давних времен.

Аксиома 7 (свойство ассоциативности системы сил, приложенных в одной точке тела). *Система сил, приложенных в одной и той же точке абсолютно твердого тела, обладает свойством ассоциативности относительно операции суммирования, т.е.* $\overline{F_1}+\left(\overline{F_2}+\overline{F_3}\right)=\left(\overline{F_1}+\overline{F_2}\right)+\overline{F_3}$.

Это свойство практически всегда широко применяется на практике.

Введем еще одну линейную операцию над силами. На основании многочисленных наблюдений и опытов вводится следующее

Определение 13. *Пусть* $\alpha\in R$ *– действительное число и* $\overline{F}$ *– сила. Тогда произведением силы* $\overline{F}$ *на число* α *называется сила* $\overline{P}$*, имеющая ту же точку приложения, что и сила* $\overline{F}$*, и удовлетворяющая следующим условиям:*

1) $\left|\overline{P}\right|=|\alpha|\bullet\left|\overline{F}\right|$;

2) $\alpha\rangle 0\Rightarrow\overline{P}\uparrow\uparrow\overline{F}$;

3) $\alpha\langle 0\Rightarrow\overline{P}\downarrow\uparrow\overline{F}$;

4) $\alpha=0\Rightarrow\overline{P}=\overline{O}$.

В этом случае пишут $\overline{P}=\alpha*\overline{F}$.

Легко видеть, что операция умножения силы на число обладает следующими свойствами:

$$\left.\begin{array}{l} 1)\ \forall \alpha, \beta \in R\ \forall \overline{F} \in S : (\alpha+\beta)\bullet \overline{F} = \alpha * \overline{F} + \beta * \overline{F}; \\ 2)\ \forall \alpha \in R\ \forall \overline{F_1}, \overline{F_2} \in S : \alpha * (\overline{F_1} + \overline{F_2}) = \alpha * \overline{F_1} + \alpha * \overline{F_2}; \end{array}\right\} - \textit{дистрибутивность;}$$

$$3)\ \forall \alpha, \beta \in R\ \forall \overline{F} \in S : (\alpha * \beta)\bullet \overline{F} = \alpha * (\beta * \overline{F});$$

$$4)\ \forall \overline{F} \in S : 1\bullet \overline{F} = \overline{F}.$$

Используя перечисленные аксиоматические свойства сил, приложенных в одной точке абсолютно твердого тела, докажем следующую

Теорему 1. *Система сил, приложенных в одной и той же точке абсолютно твердого тела, наделено структурой векторного пространства над полем вещественных чисел, а ее элементы, т.е. силы, являются векторами.*

Доказательство. Известно следующее определение векторного или линейного пространства над полем действительных чисел.

Пусть R – поле действительных чисел. Множество X называется векторным (линейным) пространством надо R, если для каждых двух его элементов x и y (x, $y \in X$) определена их сумма $x+y \in X$ и для любого элемента $x \in X$ и числа $\alpha \in R$ определено произведение $\alpha * x \in X$, причем эти операции, называемые линейными, удовлетворяют следующим аксиомам:

1) $\forall x, y \in X$: $x+y=y+x$ (коммутативность сложения);

2) $\forall x, y, z \in X$: $(x+y)+z=x+(y+z)$ (ассоциативность сложения);

3) $\exists 0 \in R\ \forall x \in X$: $0\bullet x = \overline{0}$ (существование нулевого элемента);

4) $\forall \alpha, \beta \in R\ \forall x \in X$: $(\alpha+\beta)\bullet x=\alpha * x+\beta * x$;

5) $\forall \alpha \in R\ \forall x, y \in X$: $(x+y)\bullet \alpha=\alpha * x+\alpha * y$;

6) $\forall \alpha, \beta \in R\ \forall x \in X$: $(\alpha * \beta)\bullet x=\alpha * (\beta * x)$ (ассоциативность умножения);

7) $\forall x \in X$: $1\bullet x=x$.

Если на множестве X введены операции сложения и умножения на скаляр (число) такие, что X превращено в векторное пространство, то говорят, что X наделено структурой векторного пространства.

Для системы сил, приложенных в одной и той же точке абсолютно твердого тела, введены две линейные операции, а именно, сложение сил, т.е.

$$\forall \overline{F_1}, \overline{F_2} \in S : \overline{F_1} + \overline{F_2} = \overline{R} \in S$$

и умножение силы на действительное число, т.е.

$$\forall \alpha \in R\ \forall \overline{F} \in S : \alpha \bullet \overline{F} = \overline{P} \in S\ .$$

Результаты этих линейных операций принадлежат системе сил, приложенных в той же точке данного тела.

Из рассмотренных выше аксиом, которым удовлетворяют силы, приложенные в той же точке данного тела, следует, что введенные линейные операции для сил, приложенных в одной и той же точке, удовлетворяют следующим аксиомам:

1. $\forall \overline{F_1}, \overline{F_2} \in S : \overline{F_1} + \overline{F_2} = \overline{F_2} + \overline{F_1}$ (коммутативность сил).

2. $\forall \overline{F_1}, \overline{F_2}, \overline{F_3} \in S : (\overline{F_1} + \overline{F_2}) + \overline{F_3} = \overline{F_1} + (\overline{F_2} + \overline{F_3})$ (ассоциативность сил).

3. $\exists \overline{0} \in S : 0 \bullet \overline{F} = \overline{0}$ (существование нулевой силы, как нейтрального элемента относительно операции сложения сил).

4. $\forall \alpha, \beta \in R \, \forall \overline{F} : (\alpha + \beta) \bullet \overline{F} = \alpha * \overline{F} + \beta * \overline{F}$.

5. $\forall \alpha, \beta \in R \, \forall \overline{F_1}, \overline{F_2} \in S : \alpha * (\overline{F_1} + \overline{F_2}) = \alpha * \overline{F_1} + \alpha * \overline{F_2}$.

6. $\forall \alpha, \beta \in R \, \forall \overline{F} \in S : (\alpha * \beta) * \overline{F} = \alpha * (\beta * \overline{F})$ (ассоциативность умножения).

7. $\forall \overline{F} \in S : 1 \bullet \overline{F} = \overline{F}$.

Следовательно, система сил, приложенных в одной и той же точке абсолютно твердого тела, наделена структурой векторного (линейного) пространства над полем вещественных чисел, а ее элементы, т.е. силы, являются векторами, что и требовалось доказать.

Из теоремы 1 следует, что математической моделью сосредоточенной силы будет вектор, который может быть представлен геометрически направленным отрезком, начало которого в точке приложения силы, направление совпадает с направлением этой же силы, и длина равна в выбранном масштабе модулю силы. Либо, если выбрана в пространстве система координат, в частности, декартова прямоугольная, то – упорядоченной тройкой действительных чисел, каждое из которых является проекцией вектора силы на соответствующую координатную ось.

Применяя теперь еще две известные аксиомы статики: аксиому об уравновешенности системы двух сил, приложенных в двух различных точках абсолютно твердого тела, и аксиому о присоединении или исключении уравновешенной системы сил, легко доказать, как это делается во всех учебниках по теоретической механике, что моделью сосредоточенной силы является скользящий вектор.

Таким образом, справедливо следующее

Определение 14. *Сосредоточенной силой называется векторная величина, характеризующая механическое действие одного материального тела на другое.*

Выясним, является ли сила количественной мерой взаимодействия материальных тел.

Как известно [6], мера определяется следующим образом:

Определение 15. *Функция $\mu(A)$ множества A называется мерой, если:*

1) область определения $D(\mu)$ есть полукольцо множеств;

2) значения функции $\mu(A)$ действительны и неотрицательны;

3) $\mu(A)$ аддитивна, т.е. для любого конечного разложения

$$A = \bigcup_{i=1}^{n} A_i \;\&\; A_i \cap A_j \neq 0, i, j = \overline{1,n} \Rightarrow \mu(A) = \sum_{i=1}^{n} \mu(A_i).$$

Иначе, мерой называется действительная неотрицательная счетно-

аддитивная функция, определенная на полукольце. Но сила является векторной величиной, а не скалярной, каковой, как следует из определения, является мера, причем для меры существует отношение сравнения: больше, меньше, равно. Для векторов отношение сравнения отсутствует – векторы могут быть равными или неравными. Поэтому говорить, что сила является количественной мерой механического взаимодействия материальных тел, вряд ли корректно. Мерой механического взаимодействия материальных тел может быть, в крайнем случае, модуль силы.

Итак, «теоретическая механика не интересуется физической природой силы, абстрагируется от ее физической причины. Вызвана ли данная сила мускулатурой человека или животного, давлением газа или какими-либо другими причинами, с точки зрения механики это не имеет существенного значения. Главными являются величина, направление и точки приложения силы, вполне с точки зрения классической механики, характеризующей воздействие одного материального тела на другое» [7].

«Земная механика есть единственная наука, в которой действительно знают, что означает слово «сила». Ведь основными законами земной механики являются, во-первых, отказ исследовать причину толчка, т.е. природу соответственной в каждом случае силы…» [8].

Литература:

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Физматгиз, 1963. – 480 с., с ил.

2. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики, ч. I. – М.: 1972. – 468 с., с ил.

3. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Ч. I: Статика и кинематика. – Л.-М.: ОГИЗ, Гос. изд. техн.-теор. лит., 1948. – 400 с., с ил.

4. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. В 2-х томах. Т. 1. Статика и кинематика. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 352 с.

5. Ньютон И. Математические начала натуральной философии // В кн.: Сборник трудов академика А.Н. Крылова. Т. 7. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1936.

6. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа: Учебник для вузов. 6-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 624 с.

7. Гернет М.М. Курс теоретической механики: Учебник для немехан. специальностей втузов. – М.: Высшая школа, 1965. – 408 с., с ил.

8. Энгельс Ф. Диалектика природы. – М., 1948. – С. 58.

ЕРМІТОВІ ОПЕРАТОРИ В КУРСІ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ

С.Ф. Лягушин, О.Й. Соколовський
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет
lyagush@dsu.dp.ua

Сучасна теоретична фізика використовує вельми складний і абстрактний математичний апарат, причому рівень абстракцій визначається самою природою об'єктів дослідження. У 20-у столітті фізична картина світу стала квантовою та релятивістською. Квантова теорія з необхідністю оперує гільбертовим простором, релятивістська – псевдоевклідовим. Ці поняття, якщо й з'являються в курсах математики [1], залишаються практично невідомими студентам, яким викладаються курси теоретичної фізики; тому виникає необхідність запровадження відповідних просторів безпосередньо в розділах теоретичної фізики. Математичні культура та техніка більшості студентів явно недостатні, що породжує зрозумілі труднощі. У цьому випадку використання дидактики, характерної для шкільної математики, – з багатократним повторенням стандартних вправ – може стати перешкодою до розуміння суті підходу. Образно кажучи, студенти не бачать за деревами лісу. Долати ці проблеми, на думку авторів, слід за рахунок сміливого ознайомлення студентів з потрібними математичними поняттями, залишаючи вправи й обчислення переважно для самостійної роботи, що відповідає ідеям Болонського процесу [2].

Розкриємо характер наших пропозицій на прикладі ермітових операторів. Ермітові оператори відповідають у квантовій теорії динамічним змінним, забезпечуючи дійсність середніх значень фізичних величин, хоча ми маємо справу з комплексним простором станів. Традиційний виклад – і в досі найбільш поширеному курсі Ландау та Ліфшиця [3], і в дуже вдалому вітчизняному курсі [4] – спирається на запровадження понять транспонованого $\hat{A}^T$ та комплексно-спряженого операторів $\hat{A}^*$, з дійсності виразу для середніх виводиться вимога $\hat{A}=\hat{A}^+$, ермітове спряження визначається як одночасне застосування транспонування й комплексного спряження. Врешті-решт з'являється визначення ермітового оператора в інтегральній формі

$$\int dq\,\psi_1^*\,\hat{A}\psi_2 = dq\,\psi_2\left(\hat{A}\psi_1\right)^*,$$

яке в популярному задачнику київських авторів [5] стає основою для формулювання задач. Звернемо увагу, що саме поняття $\hat{A}^*$ прив'язане до конкретного представлення станів у вигляді хвильової функції, а транспонування – операція, актуальна для дійсних просторів. Поняття ермітового спряження можна і треба формулювати в більш загальній формі, користуючись поняттям скалярного добутку елементів комплексного простору. Досвід показує, що рівність інтегралів, наведена вище, сприймається студентами як рецепт для запам'ятовування без розуміння математичної структури. Між

іншим, досить поміняти місцями множники в правій частині рівності, щоб було очевидним, що ми працюємо зі скалярним добутком у просторі комплекснозначних функцій. Доцільно відразу сформулювати поняття скалярного добутку та його властивості, показати, як побудувати скалярний добуток у комплексному просторі функцій. Тоді формула для $\hat{A}^{+}$ набуває природного вигляду

$$(\psi_1, \hat{A}^{+}\psi_2)=(\psi_2, \hat{A}\psi_1)^{*},$$

а значна кількість співвідношень доводиться в один рядок. Звичайно, потім це базове поняття ілюструється і закріплюється, але ці вправи мають адекватний статус. Ми реалізували такий підхід у посібнику [6], варто згадати також [7]. З визначення скалярного добутку випливає тоді відома властивість матриць ермітових операторів $A_{ii'} = A^{*}_{i'i}$ ($A_{ii'} \equiv \left(\psi_i, \hat{A}\psi_{i'}\right)$, $\{\psi_i\}$ – базис у просторі), що, власне, й визначає ермітові матриці.

Заслуговує на увагу теза, що матриці – це оператори у просторі стовпчиків, тоді легко пояснити появу ермітових матриць Паулі для опису дворівневих систем і спіну. А стовпчики та спряжені до них рядки підводять до понять бра- та кет-векторів, відтак – до діраківських позначень квантової механіки.

Слід зазначити, що ермітові матриці з'являються й у інших розділах теоретичної фізики. Такою є матриця тензора поляризації в електродинаміці [8; 9] $I_{nl} = \overline{E_{0n}E^{*}_{0l}}$, де n, l=1, 2 нумерують взаємно перпендикулярні напрямки у площині, перпендикулярній до напрямку розповсюдження хвилі. Відомо, що тензор поляризації приводиться до головних осей розв'язанням системи рівнянь $I_{nl}e_{\alpha l}=I_{\alpha}e_{\alpha l}$, де $e_{\alpha n}$ – індексна форма комплексних векторів $\vec{e}_{\alpha}$, що визначають основні стани поляризації. Тут I_{nl} виступає в ролі оператора, ермітовість якого гарантує дійсність власних значень – інтенсивностей основних хвиль. На цьому прикладі слід зазначити доцільність використання у застосуваннях умов ортонормування та повноти власних векторів матриці

$$e^{*}_{\alpha n}e_{\alpha' n} = \delta_{\alpha\alpha'} , \qquad \sum_{\alpha} e^{*}_{\alpha n}e_{\alpha l} = \delta_{nl} ,$$

а також її спектрального представлення

$$I_{nl} = \sum_{\alpha} I_{\alpha}e_{\alpha n}e^{*}_{\alpha l} .$$

Відзначимо, що ермітова є також матриця коефіцієнтів перетворень Лоренца, якщо користуватись уявними значеннями для часової координати [10]. У вигляді ермітових матриць представляються і тензори магнітної проникності фериту та діелектричної проникності газоподібного діелектрика в постійному магнітному полі за умови відсутності дисипації енергії [9, задачі № 318 і № 435]. Ермітова є також динамічна матриця кристалу, яка визначає коливання його частинок у гармонічному наближенні [11].

Наведені приклади підтверджують актуальність поняття ермітового

оператора при роботі з комплексними лінійними просторами, єдність математичного апарату теоретичної фізики та плідність удосконалення викладання шляхом подолання психологічного бар'єру перед математичними абстракціями.

Література

1. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Линейная алгебра. – М.: Наука, 1978, 304 с.
2. Болонський процес у фактах і документах / Упорядники Степко М.Ф., Болюбаш Я.Я., Шинкарук В.Д., Грубіянко В.В., Бабін І.І. – Київ-Тернопіль, 2003, 52 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. (Курс теоретической физики, Т. 3). – М.: Наука, 1974. – 752 с.
4. Вакарчук І.О. Квантова механіка. – Львів: ЛДУ, 1998. – 616 с.
5. Сборник задач по теоретической физике / Под ред. Сенкевича А.А. – М.: Высшая школа, 1972. – 336 с.
6. Лягушин С.Ф., Соколовський О.Й. Посібник із квантової механіки. – Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2005. – 36 с.
7. Елютин П.В., Кривченков В.Д. Квантовая механика. – М.: Наука, 1976. – 336 с.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. (Курс теоретической физики, Т. 2).– М.: Наука, 1973. – 504 с.
9. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Сборник задач по электродинамике. – М.: Наука, 1970. – 504 с.
10. Мултановский В.В., Василевський А.С. Теоретическая физика. Классическая электродинамика. – М.: Просвещение, 1990. – 320 с.
11. Давыдов А.С. Теория твердого тела. – М.: Наука, 1976. – 640 с.

ЩОДО СУЧАСНОЇ КОНЦЕПЦІЇ ВИКЛАДАННЯ КУРСУ ОПТИКИ

В.М. Моісеєнко[α], М.П. Дергачов[β]
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет
[α] mois@ff.dsu.dp.ua
[β] optic@ff.dsu.dp.ua

На сьогоднішній день ми спостерігаємо бурхливий розвиток оптичних методів передачі, збереження та обробки інформації, лазерних методів діагностики в біології та медицині, технологій нових нелінійно-оптичних матеріалів, зокрема, фотонних кристалів – нових оптичних матеріалів з фотонною забороненою зоною. Останні мають великі перспективи застосування при створенні принципово нових джерел світла, для керування світловими потоками в системах оптичного зв'язку, для створення повністю оптичного комп'ютера.

Забезпечення цих тенденцій потребує вдосконалення якості підготовки молодих спеціалістів, які працюватимуть у галузі нових оптичних технологій, а тому й вдосконалення традиційного лекційного курсу оптики. На наш погляд, певного перегляду потребують такі питання.

Перш за все, найпоширеніші підручники з оптики не зовсім чітко та ясно відповідають на питання про фізичну природу світла як складову частину матерії; в них не достатньо акцентований факт невід'ємності світла та речовини. Внаслідок цього, у студентів формується уявлення про світло не як про результат електромагнітної взаємодії, а просто як розв'язок системи рівнянь Максвела за відсутності вільних зарядів та струмів.

Приставши на цей формальний шлях та відкладаючи висвітлення механізмів виникнення світла до курсу атомної фізики, надалі стає все складнішим аргументовано переконати студентів у фізичній неможливості існування ідеальних монохроматичних хвиль. Як наслідок, часто маємо неприйняття аудиторією таких понять, як "хвильовий цуг (пакет)", "групова швидкість", що беззаперечно заважає чіткому формуванню образу хвильової моделі фотона.

Щодо останнього, питання про місце логічного введення поняття фотону в лекційному курсу залишається відкритим. Наразі звичною стає тенденція згадувати про фотон на початку курсу як про поняття, що дозволяє зняти протиріччя між класичними хвильовим та корпускулярним підходами. Але надалі більшість авторів, здається, використовують цей термін лише для скорочення формулювань, обираючи виключно класичний шлях хвильового опису світлових явищ [1]. Так, доцільність такого підходу є більш або менш виправданою при викладанні класичної теорії дисперсії, оптичної активності, основ кристалооптики тощо [2]. Та чи закріплюється у студента поняття про фотон як реальну частинку з конкретними властивостями у випадку, коли й дифракція та інтерференція світла обговорюються виключно з хви-

льової точки зору?

На наш погляд, в сучасному курсі оптики необхідно більш систематично викласти уявлення про фотон та надати пояснення саме на основі фотонних уявлень таких відомих явищ як заломлення та відбиття, інтерференція та дифракція світла тощо. Це дасть змогу досягти більш об'єктивного рівня світорозуміння та сприятиме становленню сучасного наукового світогляду. Тим більше, що в теперішній час набули реальності такі поняття як "однофотонний транзистор", "фотонний комп'ютер", "телепортація фотона" та ін. Отже, виходячи з вище наведеного, хотілось би запропонувати таку структурну схему викладання курсу оптики:

Розділ 1. Фізична природа світла.

В цьому розділі, використовуючи опис та демонстрації різних явищ, що супроводжуються випромінюванням світла (теплове випромінювання, розряди в газах, люмінесценція, випромінювання Вавилова-Черенкова тощо), маємо, принаймні, на понятійному рівні, відповісти на питання "звідкіля світло походить". В першу чергу, світло – це вид матерії, який має електромагнітну природу, який з'явився в результаті електромагнітної взаємодії.

Розділ 2. Фізичні моделі світла.

Позначивши проблему опису випромінювання нагрітих тіл та залучивши результати експериментальних робіт з фотоефекту та дослідів Вавилова та Йоффе, маємо показати дискретний характер випромінювання світла та визначити поняття "фотон" як квант (порцію) поля електромагнітного випромінювання, що має скінчену масу і переміщується зі швидкістю світла.

В залежності від кількості фотонів у світловому пучку маємо очікувати прояв властивостей, які ми, в рамках нашого макроскопічного сприйняття Всесвіту, звикли відносити до корпускулярних або до хвильових.

Важливим видається саме тут продемонструвати, що корпускулярний та хвильовий підходи не заперечують один одного, а доповнюють. Залучивши до розгляду співвідношення невизначеностей, маємо сформувати узагальнену модель фотона, визначити поняття хвильового пакету, та наголосити на кінцевому часі протікання в речовині тих процесів, що супроводжуються випромінюванням світла (час перебування атома у збудженому стані). Окрім цього, до визначення частотної ширини хвильового пакету мають бути залучені перетворення Фур'є.

На цьому етапі можливо звернутись до хвильової (електромагнітної) теорії світла, що ґрунтується на системі рівнянь Максвела, для того щоб показати, що саме не задовольняє повністю відомим експериментальним фактам.

Розділ 3. Основні характеристики світлового випромінювання. Властивості фотонів.

У розділі слід визначити основні параметри світлового випромінювання: класифікацію спектральних діапазонів; радіометричні та фотометричні одиниці; енергію, імпульс, інтенсивність світла; описати поляризацію світ-

ла; чітко відокремити поняття фазової та групової швидкості розповсюдження світла; визначити спектральну ширину лінії випромінювання.

Розділ 4. Світлові явища при розповсюдженні світла та при взаємодії світла з речовиною.

Цей розділ є типовим для загального курсу оптики і містить в собі, в першу чергу, опис таких світлових явищ як інтерференція, дифракція та поляризація. При їх викладанні слід паралельно застосовувати класичний та квантовий підходи, вдавшись до використання функції стану фотону, надавши їй попередньо статистичної інтерпретації.

З метою закріплення лекційного матеріалу, відповідно до вище наведеного, потребує певного перегляду і структура лабораторного практикуму. При виконанні лабораторних робіт найбільший акцент має бути зроблено на прояв квантових властивостей випромінювання. Так, наприклад, до типової лабораторної роботи з дифракції світла [3] може бути включено питання про експериментальну перевірку співвідношення невизначеностей.

Викладання явища інтерференції має бути поширено розглядом кореляційних властивостей світлових пучків, формулюванням теореми Ван Циттерта-Цернике, описом досліду Брауна-Твісса.

Явища відбивання (заломлення) світла на границі розділу двох середовищ, дисперсії світла та теоретичні основи голографії в цьому розділу можуть бути переважно викладені в рамках електромагнітної теорії світла. Ця пропозиція обумовлена тим, що результати досліджень матеріалів з негативним коефіцієнтом заломлення, які свідчать про необхідність внесення відповідних змін до основних законів класичної оптики (законів Снеліуса, Френеля, Брюстера та ін.), були проведені професором В.Г. Веселаго [4] саме в рамках класичної електродинаміки. Застосування квантового підходу для опису дисперсії може також ускладнити сприйняття студентами таких широко застосованих останнім часом виразів як “зупинка та зберігання фотону”, “уповільнене та швидке світло” тощо [5].

Також в цьому розділі студентам необхідно продемонструвати граничний перехід до геометричної оптики від корпускулярних уявлень через принцип Ферма та від хвильової теорії через теорему ейконалу.

Розділ 5. Основи квантової оптики та фотоніки.

Пропонується ввести до загального курсу оптики розділ “Основи квантової оптики”, де розглянути сучасні досягнення в дослідженні фотонних явищ, розробці фотонних приладів. При цьому більше уваги необхідно приділити статистичному опису світлових явищ [6].

В першу чергу, в розділі мають бути більш детально оглянуті фотоелектричні явища, люмінесценція, нелінійно – оптичні явища та багатофотонні процеси.

Частка лекцій цього розділу, на наш погляд, має бути присвячена викладанню основних принципів фотоніки. Принаймні, на якісному рівні студенти мають бути ознайомлені з принципами формування піко- та фемтосе-

кундних світлових імпульсів, із властивостями оптичних солітонів.

Висновки. Отже, при висвітлення оптичних явищ пропонується рухатись від визначення фотону, як вже існуючого, сформованого поняття, а не до нього, як елементу, що виникне на протиріччі теорії та експерименту в разі дотримання хронологічної концепції викладання. Залучення фотонних уявлень до опису світлових явищ має стати більш інтенсивним.

Окрім того, авторам видається досить важливим не відкладати із введенням до загального курсу оптики законів заломлення та відбиття світла, уточнених В.Г. Веселаго [4].

Література:

1. Калитеевский Н.И. Волновая оптика. – М.: Наука, 1971. – 528 с.
2. Воловик П.М. Фізика: Для ун-тів. – К.; Ірпінь: Перун, 2005. – 864 с.
3. Лабораторные занятия по физике. / Под ред. Л.Л.Гольдина. – М.: Наука, 1983. – С.462.
4. Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями ε и μ // УФН. – 1967. – Т.92, №3. – С. 517-526.
5. Александров Е.Б., Запасский В.С. В погоне за “медленным светом” // УФН. – 2006. – Т.176, №10. – С.1093-1102.
6. Springer Handbook of Lasers and Optics. Ed. By Frank Träger. – Berlin, Springer, 2007. – 1331 p.

ДО ІСТОРІЇ ВИЯВЛЕННЯ ЕФЕКТУ ПРОСВІТЛЕННЯ ОПТИКИ ТА ВИНАЙДЕННЯ СПОСОБІВ ЙОГО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Ю.Є. Крот[1], В.П. Хижковий[2]
[1] м. Харків, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури
[2] м. Харків, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Ця доповідь, як і доповіді одного з її авторів на наших конференціях 2001 р. і 2003 р., ініційована черговими доповненнями історії фізики, які з'явились останнім часом. Цього разу йдеться про історичну інформацію в **підручнику** [1], тобто в особливо відповідальному джерелі інформації.

Одне з доповнень в [1] (с. 199) *змусило* нас повернутись до історії відкриття рентгенівських променів. Ось як у 2006 р. у [2] прокоментовано думку стосовно того, що відкриття *X*-променів нібито здійснив Іван Пулюй: «Про І. Пулюя є ґрунтовне дослідження у книзі «Аксіоми для нащадків» [3]. Справді, рентгенівську трубку (точніше – «рурку Пулюя», – уточнення *доповідачів*) він сконструював за 14 років до дослідів Рентгена. Однак факт відкриття *X*-променів, – цитуємо, – «не можна обґрунтувати за *публікаціями* Пулюя». Навпаки, між 1-ю та 2-ю статтями Рентгена Пулюй *сам* у *своїх статтях* іменував ці промені «рентгенівськими»! Така вже «наша доля». З одного боку – тривала матеріальна скрута. З другого – чомусь не було кому, аж повинен був він – перекладати Біблію на українську мову!? А ще – «хто міг знати, що будуть Нобелівські премії»? Віддамо належне і Рентгенові. Він дозволив людству вільно користуватись своїм відкриттям (як свого часу і подружжя Кюрі, – *доп-чі*), відмовився від багатьох запропонованих йому почестей, і «таки Рентген сконструював трубку «як слід» – із вгнутим катодом і нахиленим антикатодом. Що вже тут домислювати» [2].

(Нагадаємо, що І. Пулюй як дуже порядна людина не наполягав на своєму пріоритеті, на відміну від нациста Ф. Ленарда).

І далі в [2]: «Ті, хто щось відкриває, мають діяти відповідно до трьох *правил Фарадея*: треба зробити відкриття, **опублікувати** його, а ще переконати усіх, що воно важливе!».

До речі, світлої пам'яті доцент Тернопільського університету імені І. Пулюя Михайло Максимович Медюх (один із творців фільму [4] про О.Т. Смакулу) на нашій конференції у 2003 р. визнав цілком переконливими наші докази стосовно пріоритету В. Рентгена у відкритті *X*-променів.

Досить коректно про історію відкриття *X*-променів говориться в сучасному українському підручнику [5]: «Як стверджують його сучасники (точніше – *наші* сучасники, *доп-чі*), І. Пулюй раніше від В.Рентгена спостерігав *X*-промені (точніше – викликані ними *ефекти*, які він вважав наслідком дії **катодних променів**, *доп-чі*). Проте він не належно оцінив (точніше – *належно не* оцінив, *доп-чі*) своє відкриття (тобто – свої *спостереження*, – *доп-*

чі) і опублікував свої результати вже після В. Рентгена».

Знову про [1]: на відміну від С.У. Гончаренка [6], який писав стримано: «Пулюй досить близько *підійшов* до відкриття *X*-променів», в [1] написано: «Пулюй Іван Павлович, *видатний* український фізик… *відкрив X*-промені, згодом названі рентгенівськими». А ось – про В. Рентгена: «Однак сталося так, що про відкриття нового виду *електромагнітного випромінювання* першим повідомив німецький фізик В. Рентген».

Коментар: не міг В. Рентген зробити *таке* повідомлення, бо ж він не знав ще природу відкритих ним променів; автори [1] довільно «наклеюють ярлики» на імена вчених: І. Пулюй – видатний, О. Смакула – відомий, а Нобелівські лауреати В. Рентген і М. Планк – прості «німецькі фізики» (так само не «видатні» і не «відомі» Допплер, Максвелл, Герц, Марконі, Гейзенберг, Резерфорд, Чедвік, Кюрі); лише Ньютону і Ейнштейну «поталанило стати на один щабель» з Пулюєм.

Щоб закінчити цю вступну частину, пошлемось на думку *видатного* (*доп-чі*) фізика, Нобелівського лауреата (одного із вчених, які встановили природу *X*-променів) Макса Лауе [7]: «В історії будь-якої науки питання пріоритету є сумнівною главою. Іноді… важко вирішити питання пріоритету, хоча в журналах публікують усі… гідні згадки дослідження». Але «варто якомусь досліднику опублікувати істотне нове відкриття, як рано чи пізно з'являються голоси, які заявляють про свій пріоритет або про пріоритет третіх осіб. Іноді такі заяви мають навіть деякі підстави. А саме, бувають випадки, коли певне відкриття немов би «носиться в повітрі» і фактично робиться кількома людьми незалежно один від одного, бо розвиток науки приводить до нього». І далі: «Відкриття потрібно датувати тим моментом часу, коли воно було висловлено з такою ясністю і визначеністю, що змогло вплинути на подальший розвиток».

Ще раз (як і в 2003 р.) звернемось до державної (чи національної) приналежності того чи іншого вченого. І в [1], і в [3], і в [8] І. Пулюя і О. Смакулу називають *українськими* фізиками (то виходить, що на *американський* військово-промисловий комплекс працював *український* фізик Олекса Смакула?). Зрідка цих вчених називають стриманіше – уродженцями *України*. Але ж І. Пулюй та О. Смакула народилися в Австро-Угорщині (в її провінції під назвою Галичина чи Галіція, саме так у дипломі доктора філософії Смакули було зазначено його походження [8]). То ж правильніше про І. Пулюя і О. Смакулу говорити, що вони – українці *за походженням*.

Нарешті ми підходимо до проблеми *просвітлення оптики*. Нещодавно телеканал УТ-1 показав присвячений цій проблемі науковий фільм «Історія одного відкриття» [4]. Зауважимо, що поняття «відкриття» і «винахід» не є синонімами. Маючи на увазі тих науковців-фізиків, які не мали справу з винахідницькою діяльністю (таких, звичайно, мало), а також соціологів-українознавців, згадаємо основи «понятійного апарату» в галузі відкрить і винаходів. *Відкриття* – це наукове нове досягнення в процесі пізнання

природи та суспільства. Відкриттям визнається виявлення нових *об'єктивно існуючих* закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу. Авторське право на відкриття засвідчується авторським свідоцтвом (а *не патентом*).

Винахід – це нове технічне вирішення якоїсь проблеми. Винаходом може бути: а) пристрій; б) спосіб; в) нова речовина. Право на винахід може охоронятися не лише авторським свідоцтвом, але й *патентом*. *Патент* – це документ, який засвідчує визнання технічного рішення *винаходом* (і надає власнику цього документа виключне право на винахід).

І в сценарії фільму [4], і в [3], і в [8] говориться: *український* фізик О. Смакула зробив *епохальне відкриття* (або – *відкриття століття* [9]). В певній мірі можна було б виправдати вираз «відкриття», якби йшлося про «піонерську» *ідею* принципової можливості просвітлення, тобто про вперше обґрунтований висновок щодо можливості значного підвищення «прозорості» скла, підвищення його пропускної здатності.

Ще в 1892 р. Г. Тейлор звернув увагу на те, що старі, потускнілі фотооб'єктиви мають краще пропускання світла, ніж свіжевиготовлені. З урахуванням цього факту О. Френель і Дж. Релей у *XIX* ст. дійшли висновку щодо можливості штучного просвітлення скла хімічною дією на нього. У *XX* ст. цю ідею почали реалізувати і співробітники Державного (рос. «государственного») оптичного інституту (*ГОІ)* в Ленінграді (наприклад, [10]), і декілька американських дослідників (наприклад, [11], [12]). Слід відзначити, що врешті хімічне просвітлення оптики було *запроваджено в практику* виготовлення оптичних виробів. До речі, де в чому справедливо розкритикована в [4] монографія [13], а також монографія [14] були (і залишаються) досить корисними джерелами наукової інформації із згаданої проблеми.

У 1924 р. Ф. Райт [12] виявив, що після хімічного травлення поверхні скла вона набуває певного кольору, коефіцієнт заломлення скла його поверхневим шаром зростає, а коефіцієнт відбивання зменшується. В більш доступному в наш час джерелі інформації [10] повідомляється, що (під керівництвом академіка О.О. Лебедєва) Н.Ф.Тимофєєва, яка хімічним способом досягла значного (до 5 разів) зменшення відбивання світла від скла, спостерігала виникнення забарвлення поверхневого шару скла (тобто створеної хімічним способом поверхневої плівки) і розглянула цей факт як вияв *інтерференції*.

Ось як в статті [10] (яка поступила до редакції ЖЕТФ 16.06.1935 р.) описано ці спостереження: «В міру збільшення часу хімічної обробки поверхні скла почало з'являтись помітне забарвлення її у відбитому світлі: жовте, мідно-червоне, фіолетове». При подальшому збільшенні часу хімічної дії на скло виникало синє, а потім яскраво-зелене забарвлення, після чого повторювалось чергування кольорів від жовтого до фіолетового. «Періодичність коливань коефіцієнта відбивання, яка супроводжується зміною забарвлення, змушує думати, що ми маємо справу з інтерференційним явищем». І

ще: «На границях скло-поверхневий шар і поверхневий шар-повітря показник заломлення змінюється стрибком або достатньо різко, щоб зумовити явище інтерференції».

В [13] говориться, що після хімічних способів отримання на склі поверхневих плівок Тимофєєва (знову ж під керівництвом Лебедєва) здійснювала нанесення на скло плівок фторидів або кварцу при їх *випаровуванні* у вакуумі з осадженням пари на поверхні скла, і це також зменшувало відбивання світла від захищеної плівкою скляної поверхні; що теоретично вплив плівок на «прозорість» скла пояснив О.О. Лебедєв, а систематичний математичний аналіз впливу показників заломлення матеріалу плівок на прозорість скла виконав А.Г. Власов. Але як доказ твердження, що Тимофєєва просвітлювала скло не тільки шляхом його «псування» (в термінології [4]), а й шляхом вакуумного напилення, в [13] наводиться лише посилання на науково-технічний *звіт* [15]. Ця обставина дала змогу авторам [4] дійти висновку щодо «запозичення» співробітниками *ГОІ* результатів, досягнутих Смакулою (до того ж – буцімто *уперше,- доп-чі*). Чи ж справді у нього не було попередників у «напилювальному» просвітленні оптики?

Як повідомляється в [8], Смакула отримав *патент* на виготовлення просвітленої оптики 1.09.1935 р., і більше року патент був засекречений. Але на рік раніше, тобто в 1934 р., *реальний* попередник (і реальний співвітчизник) Смакули Г. Бауер повідомив [16] про отримання ним, шляхом випаровування матеріалів у вакуумі, тонких прозорих шарів на поверхні скла; про виявлення ним зниження коефіцієнта відбивання світла від скла, що Бауер пов'язав з інтерференційними явищами; про виконане ним визначення товщини цих шарів та дослідження її впливу на коефіцієнт відбивання. (Як виявилось, напилені плівки якісніші в оптичному відношенні, ніж отримані хімічним травленням). Навряд щоб Г. Бауер «запозичив» у Смакули дещо з його результатів (як начебто вчинив Рентген по відношенню до «довірливого колеги»?).

Без сумніву, О. Смакула мав вільний доступ до незасекреченої інформації [16]. В [7] наводиться таке висловлювання Е. Резерфорда: «Лише в дуже рідкісних випадках природничо-наукові відкриття з'являються без відповідної розумової підготовленості світу вчених».

Дехто як велике досягнення саме *Смакули* подає висновок, що для здійснення найкращого просвітлення товщина просвітлюючої плівки повинна становити *чверть довжини* світлової хвилі. Але ж як тільки стало зрозумілим (для декого з попередників Смакули, наприклад, для Г. Бауера [16] та й для Н.Ф. Тимофєєвої [10]), що просвітлення є наслідком *інтерференції* (тобто результатом накладання хвиль, відбитих від зовнішньої і внутрішньої поверхонь плівки), то далі залишалася «стародавня» (часів Гюйгенса, Френеля, Фраунгофера) задача інтерференції в тонких плівках. Ось які міркування наведено в [17]: промені, відбиті від двох поверхонь тонкої плівки, в результаті інтерференції гасяться за умови їх протифазності, при цьому то-

вщина плівки d дорівнює чверті довжини хвилі (оскільки різниця ходу $2d$ дорівнює половині довжини хвилі); все це – при нормальному падінні світла на плівку.

На практиці, при виготовленні об'єктивів оптичних пристроїв, ніколи не обмежуються одношаровими покриттями. Одну з основних причин виготовлення *багатошарових* плівок розглянуто в [17]: якщо на просвітлюючу плівку падає *біле* світло, то без відбиття опиняться лише світлові хвилі тієї λ, яка в 4 рази перевищує d. Щоб не відбивались і інші хвилі, потрібна сукупність плівок різної товщини.

(До речі, умова $d=\lambda/4$ не є догмою. Наприклад, у [18, 361], говориться, що для створення «ультрафіолетових просвітлюючих покрить» товщину такого покриття можна робити не чвертьхвильовою, а півхвильовою).

Підсумок: правильніше говорити не про «епохальне *відкриття* просвітлення оптики» Смакулою (адже сама можливість просвітлення була виявлена раніше, і певні її здійснення вже існували), а про *винайдення способу* отримання міцного і ефективного просвітлюючого шару (при цьому важливими були і хімічний склад цього шару, і технологія нанесення та зміцнення його). Автори сучасних публікацій про Смакулу невдоволені тим, що українській (а раніше й радянській) громадськості це прізвище було зовсім невідоме (приклад: у [19] є коротка і *об'єктивна* інформація про І. Пулюя, але немає – про О. Смакулу. Мабуть, *тоді* ще не можна було прославляти німецько-американського вченого, який спочатку сприяв поліпшенню озброєння вермахту, а потім – розвитку військово-промислового комплексу США; а зараз – *можна*?).

Зробимо кілька зауважень щодо висвітлення життєвого шляху О. Смакули та його оцінки вже згаданими нами джерелами інформації. В [8] говориться: приїхавши в 1922 р. до Одеси з метою працювати там в університеті, Смакула «скоро переконується у безперспективності *праці в тоталітарній державі* і вирушає назад у Німеччину» (щоправда, в інших джерелах його від'їзд пояснюється зрозуміліше: він побоювався арешту).

Якби *такою* була причина від'їзду на чужину, то чому ж він «не вирушив з Німеччини» ще в середині 30-х років (чи хоча б наприкінці їх), коли став зрозумілим всьому прогресивному людству наступ «коричневої чуми» в Німеччині і *тоталітарність* гітлеризму? (тобто коли вчений переконався, що потрапив «з вогню та в полум'я» або «з дощу та під ринву»).

Принагідно назвемо прізвища декого з фізиків, які *емігрували* з фашистської Німеччини чи з фашистської Італії до США чи до Англії: Бете, Бор, Борн, Ган, Дебай, Ейнштейн, Пайєрлс, Сегре, Сціллард, Теллер, Фермі, Дж. Франк.

Залишились з Гітлером: Філіпп Ленард, який проголосив себе відкривачем X-променів («променів Ленарда») і поводився як оскаженілий нацист; його найближчий помічник у нацистській діяльності Йоган Штарк; Вернер Гейзенберг, який внаслідок *цього* втратив повагу Бора (хоча Гейзенберг і

обіцяв Бору при їх зустрічі, що буде лише, майже пасивно, *чекати поразки* фашистського режиму, але насправді він активно працював над створенням німецької атомної бомби).

Не виїхав з Німеччини і Макс Лауе. Він писав в [7]: «Мене часто запитували, чому я не емігрував з Німеччини в часи гітлерівщини. Для цього я мав вагомі підстави. Одна з них – я не хотів віднімати посаду, яку за кордоном отримати важко, у тих моїх колег, яким вона була потрібнішою. Але головне – я хотів бути на місці, щоб мати можливість після краху «третьої імперії» (який я передбачав і на який сподівався) відразу ж приступити до культурного відродження на руїнах, створених цією державою».

(До речі, про Ейнштейна і Гейзенберга: сучасні україністи почали писати їх прізвища через «ай» замість «ей», але при цьому не дуже вдалим виявляється пояснення, що 99-й елемент *Es*, тобто *ейнштейній*, названо на честь Айнштайна. І, принагідно, ще про один елемент – 108-й: його, при сучасних записах таблиці Менделєєва, і хіміки, і фізики називають то га*н*ій, то га*с*ій. Він знаходиться поруч із 109-м *майтнерієм*, то ж логічно пов'язувати назву 108-го із Отто Га*н*ом, який був найближчим співробітником Лізе Майтнер, чи – Мейтнер, і якого філологи скоро можуть «перетворити» на *Хана*).

Значно розширює наші знання щодо біографії Олександра Теодоровича Смакули вже згаданий телефільм «Історія одного *відкриття*» [4]. Правильніше було б його назвати «Історія одного *життя*», оскільки в ньому не йдеться про етапи та способи здійснення цим вченим свого винаходу, а розглядається біографія О.Т. Смакули. Глядач, якого за сучасною українською термінологією можна назвати *пересічним,* навряд чи у всьому погодиться з авторським коментарем у фільмі.

Alexander Smakula (керівник лабораторії у фірмі Цейс-Єна) поставив на потік виготовлення просвітленої оптики для різних видів німецької зброї (один із творців телефільму пояснює глядачеві, що вчений такого рівня, як Смакула, не міг не працювати на військову техніку, перебуваючи в такій фірмі). *Зрозуміти* людей, які працювали на *вермахт,* можна (як Н. Бор зрозумів, але *не пробачив*, поведінку В. Гейзенберга).

У фільмі говориться, що Смакула боявся загинути і від німців, і від росіян, що він був і антинацистом, і антикомуністом. Але ж у 2-й світовій війні антигітлерівська коаліція кількох держав воювала проти носіїв «коричневої чуми», які *поставили на потік* процеси винищення неарійців. То *як* пересічний глядач *наукового фільму* повинен реагувати на інформацію щодо «тактики сутінок», яка дозволяла німецьким підводним човнам, перископи яких мали «шар Смакули», успішно торпедувати кораблі британського флоту біля його рідних берегів, а гітлерівським воякам, які мали просвітлені біноклі і оптичні приціли снайперських гвинтівок, влучно стріляти в «антигітлерівських коаліціянтів». Цікава деталь з [3]: Смакула (а не тільки бійці-антигітлерівці) потерпав від голоду й холоду, працюючи в гітлерівській Ні-

меччині.

Щоб слухачі доповіді (і читачі її тексту) правильно зрозуміли позицію її авторів, зауважимо, що автори не мають наміру обговорювати людські якості О.Т. Смакули. Зовсім не кожна людина може уподібнитись *Олександру Матросову*, поведінку пересічних людей в умовах небезпеки визначає «інстинкт самозбереження» (на відміну, наприклад, від поведінки *персонажу* п'єси Ф.Дюренматта «Фізики», – *Мебіуса*, – який *будь-якою ціною* намагався утаїти результати свого великого відкриття від мілітаристів). Науково-технічні досягнення О. Смакули в галузі оптики, звичайно ж, дуже важливі і роблять автора «шара Смакули» гідним великої поваги і пам'яті як *вченого і винахідника* (хоча й не *першовідкривача явища*). Але чи не є перебільшенням таке реагування деяких сучасних істориків фізики [8] на запровадження у Україні смакулівських читань: «Нарешті *пророк* повертається до своєї вітчизни»?

До речі, у фільмі розповідається (частково – вустами самого Смакули), що Alexander Smakula отримав у 1966 р. в Німеччині з рук Г. Шрьодера премію в галузі культури й науки як учений, котрий прославив науку Німеччини («Німеччина вміє шанувати своїх учених»). І ще: в [3] і в [8] говориться про *вивезення* американською окупаційною владою Смакули до *США* [3] (чи навіть про те, що його *забрала* до *США* американська розвідка [8]). Але з фільму глядач дізнається, що місцевість, де була цейсівська лабораторія, потрапила до *радянської* зони окупації, а Смакула *сам* вирішував своє майбуття (наносячи на аркуш паперу позначки «+» і «–» для аналізу переваг і недоліків можливого обрання ним для майбутньої діяльності однієї з двох країн: *США* чи *СРСР*).

На закінчення автори доповіді «беруть на себе сміливість» порекомендувати (слухачам і читачам) дуже цікаву книгу Валентина Захаровича Азерникова [20] (який спочатку був науковим оглядачем московського журналу «Наука и жизнь», а потім став драматургом, – автором сценаріїв фільмів «По семейным обстоятельствам», «Отпуск за свой счет» та ін.). В [20] наведено біографії і простежується історія відкрить Рентгена, Герца, Резерфорда, Лауе і багатьох інших. Процитуємо [20, 131]: «Розвінчання підробок, містифікацій і просто помилкових поглядів – святий обов'язок кожного вченого».

Автори доповіді керуються не латинським принципом *AD HOMINEM* (докази, які базуються не на об'єктивних даних, а розраховані на почуття переконуваного), а принципом *SED MAGIS AMICA VERITAS* (істина – найбільший друг, найдорожча за все). Так от, автори доповіді теж (як і автори [4]) не вважають обґрунтованим пріоритет вчених *ГОІ* (зокрема – І.В. Гребенщикова) на винайдення методу просвітлення шляхом вакуумного напилення на скло тонких плівок (посилання в [13] на науково-технічні звіти *ГОІ* не переконують, бо подібні звіти не є загальнодоступними публікаціями чи навіть взагалі *не є публікаціями*).У великій же журнальній статті [10] нема й

згадки про доповнення традиційного для *ГОІ* хімічного методу просвітлення оптики «осаджувальним» методом, а монографія [13], видана в 1946 р., починається вступом Гребенщикова, датованим 1943-м (для «пріоритету»?) роком. Але «розвінчання» пріоритету співробітників *ГОІ* ще не робить Смакулу одноосібним і найпершим розробником «осаджувального» методу просвітлення оптики (див. [16]).

Можна порекомендувати фізикам і українознавцям, *добре* (а не з чуток) знайомим з науковими працями О.Т. Смакули, підготувати і опублікувати (чи окремим виданням, чи хоча б орієнтуючись на Матеріали нашої майбутньої конференції) дослідження *подробиць* великого винаходу (зробивши доступною широкому колу зацікавлених давно вже не секретну інформацію щодо: матеріалу плівок, режимів їх нанесення і зміцнення, конкретних прикладів сучасного застосування «шару Смакули» та ін.). Немає сумніву, що така інформація сприятиме ще більшій заслуженій повазі читачів до Олександра Теодоровича.

Література:

1. Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Фізика (11 кл.). – К.: Ірпінь, 2004. – 286 с.
2. Климишин І.А., Климишин О.І. Синиці й журавлі: у пошуках першооснов буття. – Івано-Франківськ: Нова Зоря, 2006. – 127 с.
3. Зб. «Аксіоми для нащадків: Українські імена у світовій науці». – К., 1991. – С. 119-143.
4. Науковий телефільм «Історія одного відкриття». – К.: 2007.
5. Чолпан П.П. Фізика. – К.: Вища школа, 2003. – 560 с.
6. Гончаренко С.У. Фізика (11 кл.). – К.: Освіта, 1995. – 282 с.
7. Лауэ М. История физики. – М.: Гос. изд. техн.-теор. лит, 1956. – 230 с.
8. Якель Р. Тріумф і трагедія Олександра Смакули. // Дзеркало тижня. – 2002, 20 квітня.
9. Козирський В., Шендеровський В. Олександр Смакула – автор відкриття століття. //Фізика. – 2000. – №26. – С. 5-8.
10. Тимофеева Н.Ф. Журн. эксп. и теор.физ. – М., 1936. – Т. 6. – С. 71.
11. Collmorgen F. Trans. Soc.III. End., v.2, 1916, p.220.
12. Wright F. The Manufacture of Optical Glass and Optical System, 1924.
13. Гребенщиков И.В., Власов А.Г., Непорент Б.С. Просветление оптики. – М.: ОГИЗ Гостехиздат, 1946. – 88 с.
14. Розенберг Г.В. Оптика тонкослойных покрытий. – М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1958. – 560с.
15. Отчет *ГОИ*, №330.-1933.
16. G.Bauer. Ann. d. Phys, j.19, 1934, s.434.
17. Путилов К.А., Фабрикант В.А. Курс физики (т. III). – М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1963. – 628 с.

18. «Космическая оптика» (сб. трудов *IX* Междунар. конгресса по оптике). – М.: Машиностроение, 1980. – 534 с.
19. Украинская советская энциклопедия, т. 7. – К.: Главная редакция энциклопедий, 1989. – 770 с.
20. Азерников В.З. Физика. Великие открытия. – М.: Олма-Пресс, 2001. – 268 с.

МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕОРІЇ ФЛУКТУАЦІЙ В КУРСІ «ТЕРМОДИНАМІКА ТА СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА»

О.М. Галдіна
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет
avella2004@mail.ru

Одним з найважливіших питань термодинаміки та статистичної фізики є питання термодинамічної стійкості системи, флуктуацій основних величин, що характеризують систему та знаходження зв'язку між ними. Цю тему, яка обов'язково входить як до програми загальної дисципліни «Термодинаміка та статистична фізика», що викладається для фізичних та радіофізичних спеціальностей Дніпропетровського національного університету в рамках курсу теоретичної фізики, так і до програм окремих спецкурсів, що викладаються для спеціальностей «Теоретична фізика» та «Фізика твердого тіла», можна розглядати з різних точок зору. Ми зупинимо увагу на двох таких підходах. Один з них пов'язаний з лемами Гіббса, інший – з так званою квазітермодинамічною теорією флуктуацій.

Різниця між статистичним і суто термодинамічним тлумаченням фізичних явищ найбільш наочно виявляється в існуванні флуктуаційних процесів. Спостереження флуктуацій свідчить про недостатню загальність чисто термодинамічної концепції рівноважного стану і стало в свій час підтвердженням атомно-молекулярного вчення.

В макроскопічній системі тільки дуже малі флуктуації мають значну ймовірність, однак в системі з невеликим числом ступенів вільності можливі і флуктуації більшого масштабу, в зв'язку з чим застосування термодинамічних законів стає взагалі некоректним.

Падіння стійкості системи (наприклад, при фазових переходах і наближенні до критичної точки) пов'язане з розвитком флуктуацій в системі. Справді, вільна енергія системи, за Гіббсом, має вигляд

$$F = -kT \ln \int\limits_{(\Gamma)} \exp\left[-\frac{H(\Gamma, x)}{kT}\right] d\Gamma ,$$

де $H(\Gamma, x)$ – функція Гамільтона; Γ – сукупність канонічних змінних; x – зовнішній параметр (наприклад, об'єм, намагнічування, електрична поляризація тощо). Продиференціюємо цей вираз двічі по температурі:

$$\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_x = -k \ln \int\limits_{(\Gamma)} \exp\left[-\frac{H(\Gamma, x)}{kT}\right] d\Gamma - kT \frac{\int\limits_{(\Gamma)} \left(\frac{H(\Gamma, x)}{kT^2}\right) \exp\left[-\frac{H(\Gamma, x)}{kT}\right] d\Gamma}{\int\limits_{(\Gamma)} \exp\left[-H(\Gamma, x)/kT\right] d\Gamma}$$

$$\left(\frac{\partial^2 F}{\partial T^2}\right)_x = -2k\,\frac{\int\limits_{(\Gamma)}\left(\frac{H}{kT^2}\right)\exp\left[-\frac{H}{kT}\right]d\Gamma}{\int\limits_{(\Gamma)}\exp\left[-H/kT\right]d\Gamma} - kT\,\frac{\int\limits_{(\Gamma)}\left(-\frac{2H}{kT^3}\right)\exp\left[-\frac{H}{kT}\right]d\Gamma}{\int\limits_{(\Gamma)}\exp\left[-H/kT\right]d\Gamma} -$$

$$-kT\,\frac{\int\limits_{(\Gamma)}\left(\frac{H}{kT^3}\right)^2\exp\left[-\frac{H}{kT}\right]d\Gamma}{\int\limits_{(\Gamma)}\exp\left[-H/kT\right]d\Gamma} + kT\,\frac{\left(\int\limits_{(\Gamma)}\left(\frac{H}{kT^2}\right)\exp\left[-\frac{H}{kT}\right]d\Gamma\right)^2}{\int\limits_{(\Gamma)}\exp\left[-H/kT\right]d\Gamma} =$$

$$= kT\,\frac{\overline{H}^2}{k^2T^4} - kT\,\frac{\overline{H^2}}{k^2T^4} = -\frac{\overline{(\Delta H)^2}}{kT^3}.$$

Але похідна $\left(\frac{\partial^2 F}{\partial T^2}\right)_x = -\frac{C_x}{T}$ (тут C_x – теплоємність при сталій термодинамічній координаті), тому термічний коефіцієнт стійкості (за визначенням [1])

$$\left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_x = \frac{T}{C_x} = \frac{kT^3}{\overline{(\Delta H)^2}}\,. \tag{1}$$

Вираз для обернених значень ізодинамічних коефіцієнтів стійкості [1] можна знайти, розглядаючи статистичний аналог Z-потенціалу, даний С.А. Богуславським [2]

$$Z = -kT\,\ln\int\limits_{(\Gamma)}\exp\left[-\frac{H(\Gamma,x)+X\cdot x}{kT}\right]d\Gamma\,.$$

Тут X – узагальнена термодинамічна сила, спряжена до x. Двічі диференціюючи цей вираз по X, отримаємо:

$$\left(\frac{\partial^2 Z}{\partial X^2}\right)_T = -\left(\frac{\partial x}{\partial X}\right)_T = -\frac{1}{kT}\,\frac{\int\limits_{(\Gamma)}x^2\exp\left[-\frac{H+X\cdot x}{kT}\right]d\Gamma}{\int\limits_{(\Gamma)}\exp\left[-H/kT\right]\ldots d\Gamma} +$$

$$+\frac{1}{kT}\left(\int\limits_{(\Gamma)}x\cdot\exp\left[-\frac{H+X\cdot x}{kT}\right]d\Gamma\right)^2\Bigg/\left(\int\limits_{(\Gamma)}\exp\left[-H/kT\right]d\Gamma\right)^2 = \frac{\overline{x}^2-\overline{x^2}}{kT}$$

Тобто

$$\left(\frac{\partial X}{\partial x}\right)_T = \frac{kT}{\overline{(\Delta x)^2}}\,, \tag{2}$$

Отже, коефіцієнти стійкості обернено пропорційні флуктуаціям у системі. Вирази (1) та (2) більш також як перша і друга леми Гіббса [3].

При наближенні системи до критичної точки флуктуації зовнішніх па-

раметрів необмежено зростають. Причиною аномального зростання флуктуацій в околі точки фазового переходу є послаблення «пружних» властивостей системи [4], мірилом яких є величина $\left(-\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T$ у випадку рідини і $\left(\frac{\partial H}{\partial M}\right)_T$ у випадку магнітної системи. Через це флуктуації густини рідини або флуктуації густини намагнічування в магнетику в околі точки переходу корелюють одна з одною на великих відстанях і охоплюють більші області, ніж віддалік від критичної точки. На досліді це виявляється в аномально сильному розсіянні електромагнітних хвиль – критична опалесценція [5] – і потоку нейтронів рідиною або системою спінів у стані, близькому до критичного.

Розглянемо однорідну макроскопічну систему, яку в цілому будемо вважати замкненою. Ми можемо подумки виділити з неї підсистему макроскопічну, але малу в порівнянні зі всією системою двома способами: 1) підсистема містить фіксоване число частинок N, але об'єм її V флуктуює; 2) підсистема має фіксований об'єм V, але число частинок N в ній флуктуює. Крім того, припустимо, що в підсистемі можуть відбуватися флуктуації інтенсивних парметрів T; P; μ, які можуть відрізнятися від своїх значень в оточуючому підсистему середовищі T_0; P_0; μ_0.

Ймовірність довільного стану системи в цілому (підсистема + середовище) згідно з принципом Больцмана пов'язана з повною ентропією системи S_Π співвідношенням $w \sim \exp[S_\Pi/k]$. Маючи на увазі дослідження флуктуацій, його можна переписати у вигляді

$$w = A\exp[S_\Pi/k] = A\exp[(\Delta S_0 + \Delta S)/k], \tag{3}$$

де ΔS_0 – зміна ентропії середовища, а ΔS – зміна ентропії системи в порівнянні з їх значеннями в рівноважному стані [4; 6].

У випадку N=const зміну ентропії середовища можна представити у вигляді

$$\Delta S_0 = \frac{\Delta U_0 + P_0 \Delta V_0}{T_0} = -\frac{\Delta U + P_0 \Delta V}{T_0}. \tag{4}$$

Можливість такого запису обґрунтовується тим, що нас цікавить флуктуація, що відбулась в системі, середовище ж, внаслідок його великих розмірів, ми вважаємо рівноважним – градієнти його параметрів можуть виникати тільки в тонкому поверхневому шарі на межі з підсистемою. Для показника експоненти в (3) отримаємо вираз $(T_0\Delta S - P_0\Delta V - \Delta U)/kT$.

Вважаючи флуктуації малими, розвинемо ΔU в ряд за степенями прирощень її власних аргументів ΔS і ΔV до членів другого порядку малості

$$\Delta U = \left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_0 \Delta S + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_0 \Delta V +$$

$$+\frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial^2 U}{\partial S^2}\right)_0 (\Delta S)^2 + \left(\frac{\partial^2 U}{\partial S\,\partial V}\right)_0 \Delta S\,\Delta V + \left(\frac{\partial^2 U}{\partial V^2}\right)_0 (\Delta V)^2\right],$$

де всі похідні внутрішньої енергії беруться в рівноважному стані. Враховуючи, що $\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_0 = T_0$ і $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_0 = -P_0$, переконуємось, що члени, лінійні по ΔS і ΔV в показнику експоненти формули (3), знищуються, і цей показник виявляється рівним

$$-\frac{1}{2kT_0}\left[\left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_0 \Delta S^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_0 \Delta S\,\Delta V - \left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_0 \Delta V\,\Delta S - \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_0 \Delta V^2\right] =$$

$$=(\Delta P\Delta V - \Delta T\Delta S)/2kT_0.$$

Формула (3) запишеться остаточно таким чином:

$$w = A\exp[(\Delta P\Delta V - \Delta T\Delta S)/2kT] \tag{5}$$

(ми не пишемо індекс 0 у температури, розуміючи під T рівноважне її значення).

У другому випадку (фіксований об'єм, флуктуююче число частинок) зміну ентропії середовища при флуктуації в підсистемі слід записувати у вигляді

$$\Delta S_0 = \frac{\Delta U_0 - \mu_0 \Delta N_0}{T_0} = -\frac{\Delta U - \mu_0 \Delta N}{T_0} \tag{6}$$

і за допомогою міркувань, цілком аналогічних до приведених в першому випадку, отримаємо формулу

$$w = A\exp[-(\Delta T\Delta S + \Delta\mu\Delta N)/2kT]. \tag{7}$$

Існує ще одна можливість відокремлення підсистеми від середовища, при якій флуктуювати можуть і об'єм і число частинок підсистеми – відокремлення за допомогою фізичного граничного шару. Найпростішими прикладами є краплина рідини в парі, бульбашка газу в рідині, кристал в розплаві і т. д.

Можна було б отримати для подібних випадків формулу, в якій на відміну від (5) і (7) показник степеня був би трьохчленним $(\Delta P\Delta V - \Delta T\Delta S - \Delta\mu\Delta N)/2kT$. Однак при наявності фізичної границі між середовищем і підсистемою поряд із флуктуаціями об'єму істотну роль можуть відігравати і флуктуації форми граничної поверхні. При цьому з'являються нові термодинамічні ступені вільності (наприклад, капілярні хвилі на граничній поверхні, зміна огранювання кристалу і т. д.), і задача істотно ускладнюється.

Знайдемо з загальної формули (5) флуктуації різних термодинамічних величин. Оберемо спочатку за незалежні змінні V і T. Тоді

$$\Delta S = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V \Delta T + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T \Delta V = \frac{C_V}{T}\Delta T + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \Delta V,$$

$$\Delta P = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \Delta T + \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \Delta V .$$

Підставляючи ці вирази в показник формули (5), знайдемо, що члени з $\Delta V \Delta T$ скорочуються, і залишається

$$w = A\exp\left[-\frac{C_V}{2kT^2}(\Delta T)^2 + \frac{1}{kT}\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T (\Delta V)^2\right]. \qquad (8)$$

Цей вираз розпадається на два множники, що залежать тільки від ΔT або ΔV. Інакше кажучи, флуктуації об'єму і температури статистично незалежні, а тому

$$\overline{\Delta T\, \Delta V} = 0 . \qquad (9)$$

Порівнюючи по черзі кожний з двох множників, на які розпадається (8), за загальною формулою розподілу Гауса

$$w(y)dy = \frac{1}{\sqrt{2\pi \overline{y^2}}} \exp\left(-\frac{y^2}{2\overline{y^2}}\right) dy$$

знайдемо такі вирази для середніх квадратів флуктуацій температури і об'єму:

$$\overline{(\Delta T)^2} = \frac{kT^2}{C_V}, \qquad \overline{(\Delta V)^2} = kT\left(-\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T .$$

Додатність цих величин забезпечується термодинамічними нерівностями $C_V>0$ і $\left(-\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T > 0$.

Знайдемо середній квадрат флуктуацій енергії. Маємо

$$\Delta H = \left(\frac{\partial H}{\partial V}\right)_T \Delta V + \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_V \Delta T = \left[T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P\right]\Delta V + C_V \Delta T .$$

Підносячи цей вираз у квадрат і усереднюючи, отримаємо

$$\overline{(\Delta H)^2} = kT\left(-\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T \left[T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P\right]^2 + kT^2 C_V .$$

Оберемо тепер за незалежні змінні в (5) P і S. Тоді

$$\Delta V = \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_S \Delta P + \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P \Delta S ,$$

$$\Delta T = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S \Delta P + \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_P \Delta S = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S \Delta P + \frac{T}{C_P}\Delta S .$$

Але згідно з $\mathcal{H} = TdS + VdP$ (тут $\mathcal{H}$ – ентальпія) маємо $\left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S$

і тому $\Delta V = \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_S \Delta P + \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S \Delta S$.

Підставляючи ΔV і ΔT в (5), знаходимо

$$w = A\exp\left[-\frac{1}{2kC_P}(\Delta S)^2 + \frac{1}{2kT}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_S (\Delta P)^2\right].$$

Як і (8), цей вираз розпадається на множники, що залежать тільки від P і S. Інакше кажучи, флуктуації ентропії і тиску статистично незалежні і тому $\overline{\Delta S\,\Delta P} = 0$. Для середніх квадратів флуктуацій знаходимо

$$\overline{(\Delta S)^2} = kC_P, \qquad \overline{(\Delta P)^2} = kT\left(-\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S .$$

Таким чином, двома різними способами (леми Гіббса та квазітермодинамічна теорія флуктуацій) ми отримали зв'язок основних термодинамічних величин, що характеризують реакцію системи на зовнішню дію, з флуктуаціями параметрів самої системи.

Література:

1. Солдатова Є.Д. Термодинаміка критичного стану. – Дніпропетровськ: ДДУ, 1995. – 72 с.
2. Семенченко В.К. Избранные главы теоретической физики. – М.: Просвещение, 1966. – 340 с.
3. Терлецкий Я.П. Статистическая физика. – М.: Высшая школа, 1973. – 280 с.
4. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. – М.: Наука, 1977. – 550 с.
5. Скрипов В.П., Колпаков Ю.Д. Рассеяние света в углексилоте вдоль докритических и закритических изотерм // Критические явления и флуктуации в растворах: Сб. науч. ст. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 126–136.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Ч. I. – М.: Наука, 1976. – 583 с.

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ И НАМАГНИЧЕННЫХ ТЕЛ

Р.М. Менумеров
г. Симферополь, Крымский инженерно-педагогический университет
csepu@gala.net

Вопросы взаимодействия электрических токов и намагниченных тел занимают одно из главных мест в курсе электродинамики и представлены рядом эффектных экспериментов и опытов [1–3], наглядно выявляющих некоторые особенности их силового взаимодействия (ортогональность сил направлению токов, зависимость величины силы от взаимной ориентации токов и магнитного поля, равенство нулю работы сил магнитного поля и др.), а также раскрывающих механизм формирования магнитного поля постоянных магнитов (идею эквивалентности намагниченных тел замкнутым электрическим токам)

Однако в научной и методической литературе практически отсутствуют демонстрации, в которых находит проявление весьма неординарное (в известном смысле – уникальное) свойство указанных взаимодействий – это *нецентральность* возникающих сил, нарушение принципа равенства действия и противодействия в общем случае магнитного взаимодействия элементов электрического тока. Некоторые авторы в связи с этим выражают широко установившееся мнение о принципиальной невозможности наблюдения данной особенности взаимодействий, осуществляющихся посредством электромагнитного поля, поскольку «невозможно изолировать отдельные элементы постоянных токов и экспериментировать с ними» [2]. Между тем, когда рассматривают взаимодействие параллельных токов, фактически применяют прием выделения из замкнутых цепей отдельных прямых участков и даже используют это обстоятельство для прецизионного измерения величины силы (достаточно вспомнить известный эксперимент, лежащий в основе определения единицы силы тока в системе СИ – ампера).

В работах [4; 5] показано, что, используя особенности силового взаимодействия электрических токов оказывается возможным в некоторых случаях выделять в эксперименте действия отдельных частей тока. При этом, действие других частей цепи либо пренебрежимо мало, либо взаимно компенсируются.

На рис. 1 представлена схема эксперимента в котором находит проявление вышеуказанная особенность электродинамических сил. Постоянный магнит с поперечной намагниченностью (до ~0,1 Тл) подвешен с помощью нити к подвижной опоре и тщательно уравновешен, через боковые поверхности магнита пропускается электрический ток (посредством паянного или прижимного контактов). Ток подводится, от источника, через скользящие контакты – медные пластины A и D, опущенные в водный раствор электро-

лита ($CuSO_4$) и жесткие проводники AB и CD, скрепленные с магнитом. При прохождении постоянного тока (I=1…3 А) электродинамическая подсистема, состоящая из жестко скрепленных проводников и магнита, приобретает поступательное движение. В случае, представленном на рис. 1, движение совершается от читателя за рисунок. При изменении направления тока направление движения изменяется на противоположное. Величина движущей силы при указанных выше параметрах тока и магнита составляет ~0,1 Н и возрастает при увеличении силы тока и намагниченности магнита.

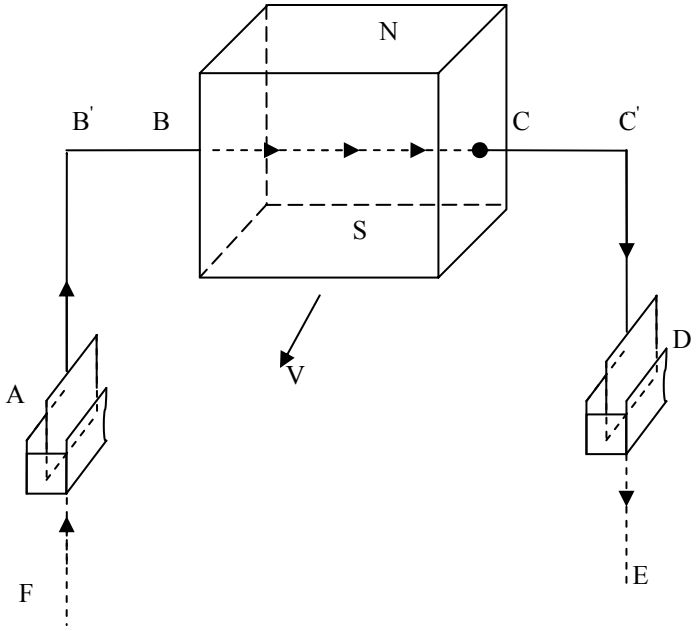


Рис. 1

Последовательно применяя основные (фундаментальные) положения электродинамики (закон Био-Савара, правило Ампера), можно показать, что наблюдаемое движение магнита и скрепленных с ним проводников есть результат магнитного (электромагнитного) взаимодействия токов текущих *внутри указанной подсистемы* в силу нецентральности (неколлинеарности) возникающих сил.

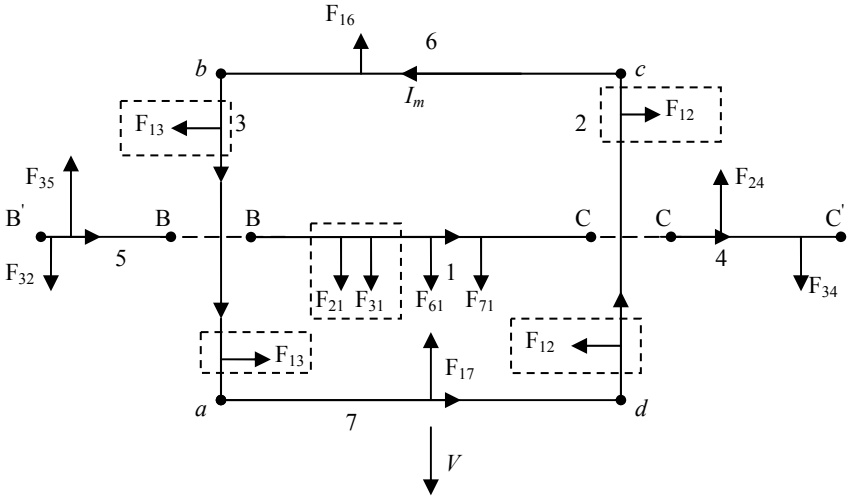
Опираясь на принцип эквивалентности магнитного поля постоянных магнитов и замкнутых электрических токов циркулирующих по его боковой поверхности, можно заменить последний контурным током *a b c d* (поверхностным током намагничивания – I_m), как показано на рис. 2. Такая замена вполне соответствует современным представлениям о природе магнетизма в

веществе обусловленного совокупностью замкнутых микроскопических токов – молекулярных токов связанных с орбитальным и спиновым магнитным моментом электронов (и частично – ядер) атомов [1; 2].

Первоначально отмечаем, что действие неподвижной части цепи AF и DE и отрезков проводников AB и CD, скрепленных с магнитом, не могут вызвать его движение поскольку возбуждаемые ими силы не имеют горизонтальной составляющей (их силовые линии лежат в плоскости токов магнита и отрезков цепи BB′ и CC′).

На рис. 2 представлены векторы сил взаимодействия всех участков электрической цепи и тока I_m в рассматриваемой подсистеме. Как видим, векторная сумма сил действующих между параллельными и смежными участками цепей равна нулю (силы равны, противоположно направлены и попарно компенсируются) и не могут быть причиной наблюдаемого движения.

Рис. 2



Движущая сила (результирующая всех действующих сил) создается в результате электродинамического взаимодействия перпендикулярных токов – действием токов на отрезках *ab* и *cd* на линейный ток BC (на рис. 2 данные силы выделены пунктиром). В этом случае, как известно, особенно резко проявляется нарушение принципа равенства действия и противодействия, что отмечается во всех известных курсах электродинамики и физики. Под действием нескомпенсированных сил F_{21} и F_{31} система получает ускорение и, преодолевая силы трения, перемещается.

В заключении отметим: наиболее впечатляющим обстоятельством в данных экспериментах является то, что движение приобретает *связанная система тел при их электродинамическом взаимодействии*, т.е. реальное твердое тело (магнит) приходит в поступательное движение вследствие эле-

ктромагнитного взаимодействия токов (заряженных частиц) перемещающихся *внутри него.* Данный результат есть следствие особенностей взаимодействий осуществляющихся посредством «особой материи» – электромагнитного поля, способного обмениваться импульсом с частицами, несущими электрический заряд.

Литература:

1. Калашников С.Г. Электричество: Учебное пособие. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Наука, 1985. – 576 с.

2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3. Электричество. – М.: Наука, 1977. – 688 с.

3. Кучерук І.М., Горбачук І.Г., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Електрика і магнетизм. – К.: Техніка, 2001. – 452 с.

4. Сигалов Р.Г. Новые исследования движущих сил магнитного поля. – Ташкент: Фан, 1975. – 227 с.

5. Менумеров Р.М. О возможности демонстрации неуравновешенных сил в электродинамических подсистемах // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Зб. наук. пр. – Вип. V, т. 2. – Кривий Ріг: Вид. НМетАУ, 2005. – С. 235-239.

РЯД АКТИВНОСТІ РЕЧОВИН ПРИ ЇХ ВЗАЄМНІЙ ЕЛЕКТРИЗАЦІЇ КОНТАКТОМ

В.І. Бурак, І.С. Бобринська, Ю.О. Гордієнко, Г.С. Кірсань, О.Л. Шевчук
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Здавалось би, що явище електризації контактом (тертям), про яке людство знає вже дуже давно і прояви якого ми спостерігаємо повсякденно, належним чином вивчене. Але це не зовсім так.

У навчальних посібниках для вищих навчальних закладів [1] – [7] явище електризації пояснюють, насамперед, у рамках електронної теорії на якісному рівні, суть якого зводиться до наступного. Атоми і молекули у звичайних умовах електронейтральні, тому що кількість негативно заряджених електронів у них рівна кількості позитивно заряджених протонів атомного ядра, а електричні заряди протона і електрона рівні за модулем і протилежні за знаком. Тому тіла зазвичай електрично нейтральні. При контакті електрони із одного тіла, у якому вони слабше зв'язані зі своїми атомами, можуть перейти на інше тіло. Тіло з недостачею електронів (порівняно із кількістю протонів у атомних ядрах) приймає позитивний заряд, а з надлишком електронів – негативний заряд. В електризації контактом чи тертям приймають участь обидва тіла, причому величина електричного заряду, набутого кожним із тіл, однакова за модулем. Природа електризації контактом і тертям однакова, тертя приводить тільки до кращого контакту між поверхнями тіл і до збільшенням площі контакту.

Водночас, багато питань не розкрито. Наприклад, недостатньо пояснено, чи можна контактом (тертям) наелектризувати металеве тіло. Мало відомостей про те, якого саме знаку електричного заряду набуває те чи інше тіло при його електризації контактом (тертям) з другим тілом. Інколи зазначають, що одне й те ж саме тіло може набувати при електризації контактом як позитивного, так і негативного електричного заряду, залежно від того, з яким саме тілом воно має контакт. Але конкретних даних дуже мало. Тільки у навчальному посібнику під авторством В.А. Касьянова [8] наведено цілий ряд речовин (табл. 1, зліва), розташованих у відповідності до такої закономірності: *при взаємній електризації контактом* (*тертям*) *певна речовина електризується негативно по відношенню до тих речовин*, *які розташовані у ряді вище*, *і позитивно по відношенню до тих речовин*, *які розташовані у ряді нижче*. Цей ряд, який надалі ми пропонуємо іменувати „ряд взаємної електризації речовин контактом" чи „ряд активності речовин при їх взаємній електризації контактом".

Азбест у цьому ряді стоїть найвище, він при електризації контактом (тертям) з будь-якою із наведених речовин набуває позитивного електричного заряду. Каучук у цьому ряді стоїть найнижче, він при електризації контактом (тертям) з будь-якою із наведених речовин набуває негативного еле-

ктричного заряду. Тіла із всіх інших речовин можуть набувати як позитивного, так і негативного заряду, в залежності від того, із якої речовини друге тіло. В інших проаналізованих джерелах подібного ряду не приводять.

Таблиця 1. Ряд активності речовин при їх взаємній електризації контактом

Дані навчального посібника [8]			Дані нашого експерименту	
Знак заряду	Речовина		Речовина	Знак заряду
+	азбест		азбест	+
	хутро (кроляче)		волосся людини	
	скло		оргскло (органічне скло, плексиглас)	
	слюда			
	хутро (мабуть тканина)			
	кварц		скло (скляний стержень)	
	хутро (кроляче)			
	шовк		хутро (товста тканина)	
	шкіра людини			
	алюміній		долоня людини, алюміній, залізо, дерево, папір	
	хлопок			
	дерево			
	янтар		ебоніт	
	мідь, латунь		пінопласт	
	гума		пластмаса	
	сірка		поліетилен (пакет)	
	целулоїд		гума	
–	каучук		поліетилен (файл)	–

Основною метою нашого дослідження є: 1) часткова перевірка правильності відомого ряду активності речовин при їх електризації контактом, приведеного у посібнику під авторством В.А. Касьянова [8]; 2) доповнення його іншими речовинами (матеріалами), такими як волосся людини, оргскло, папір, ебоніт, пінопласт, поліетилен, пластмаса, зі встановленням місця їх розташування у цьому ряді; 3) аналіз можливого теоретичного обґрунтування закономірності розташування різних речовин у ряді активності речовин при їх взаємній електризації контактом.

Методика проведення експерименту полягала у наступному. Проводимо традиційні досліди для визначення заряду тієї чи іншої речовини. У якості еталону знаку електричного заряду використовуємо негативно заряджену ебонітову (натерту об хутро чи вовну) (рис. 1) та позитивно заряджену скляну (натерту об шовк чи сухий папір) палички. При цьому ми маємо справу із електризацією через індукування заряду електричним полем, механізм якої теж знаходить пояснення на основі електронної теорії (рис. 2).

Рис. 1

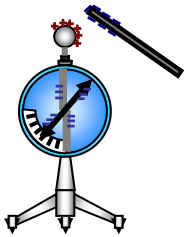


Рис. 2

Рис. 3

Для визначення знаку електричного заряду на досліджуваній речовині поступаємо наступним чином. Наближуємо наелектризовану досліджувану речовину до сфери електрометра (не дотикаючись) з однієї сторони (на рис. 3 – зліва). При цьому стрілка електрометра відхиляється на певний кут. Заряджений ебонітовий стержень наближуємо до електрометра з іншої сторони (на рис. 3 – справа). Якщо кут відхилення стрілки електрометра при цьому зростає, то робимо висновок, що наелектризоване тіло має негативний заряд, як і ебонітовий стержень, а якщо кут відхилення зменшується, то – позитивний. Для впевненості повторюємо досліди, використовуючи скляний стержень, наелектризований позитивним зарядом.

Обов'язково вказаним чином досліджуємо наявність та знак електричного заряду на обох тілах, що електризувались тертям, спочатку на одному, а потім на другому. Досліди проводимо в ізолюючих рукавицях із тканини з гумовими вкрапленнями на поверхні й повторюємо багатократно, як із незаземленим, так із заземленим електрометром.

У випадку, коли заряд на досліджуваній речовині дуже малий чи дуже швидко зменшується, для визначення знаку заряду, ми дотикаємось відповідними наелектризованими тілами до сфери, передаючи заряд електрометру, з наступним поступовим наближенням до нього зарядженого ебонітового чи скляного стержнів.

Перед кожним повторним дослідом наелектризовані тіла розряджаємо, „знімаючи" заряд не зарядженими предметами, наприклад, руками людей, які не мали контакту з наелектризованими тілами, та через заземлення.

Крім того, під час виконання дослідів, вимірюємо вологість повітря з метою врахування її впливу на електризацію тіл.

Аналіз результатів дослідження.

1. Встановлено послідовність розташування всіх використаних речовин при їх взаємній електризації контактом, приведену у табл. 1 справа.

Найвище у ряді із досліджених нами речовин знаходиться азбест, який набуває при електризації зі всіма досліджуваними речовинами позитивного заряду. За ним розташовується волосся. Найнижче знаходиться поліетиленовий файл, який у експериментальному ряді зі всіма вище розташованими тілами набуває негативного заряду. Перед ним знаходиться гума. Розташування поліетиленових файлу та пакету на різних позиціях у ряді електриза-

ції пояснюємо відмінностями у їх хімічному складі.

Кожна із речовин, що знаходиться всередині ряду, може набувати негативного заряду при електризації з тими речовинами, що знаходяться вище та позитивного заряду при електризації з речовинами, що знаходяться нижче у ряді. Дуже добре електризується – сухе волосся, пінопласт, пластмаса, найкраще – оргскло та поліетилен. Саме тому ми дослідили місце згаданих речовин у ряді електризації. Наприклад, ебоніт та скло, котрі часто використовуються при демонстрації фізичних експериментів з електризації, добре електризуються тільки за порівняно малої відносної вологості.

Порівняння послідовності розташування різних речовин за даними В.А. Касьянова [8] (табл. 1 зліва) та за результатами наших досліджень (табл. 1 справа) в цілому відповідають одна одній, але є й певні відмінності. Так, за літературними даними, каучук розташований у ряді електризації найнижче із досліджених речовин, а гума знаходиться вище нього і нижче таких металів, як мідь і латунь. У нашому ж ряді електризації, гума знаходиться нижче ебоніту (до складу якого входить каучук), а найнижче у ряді розташований поліетилен. Ці відмінності ще не означають, що літературні дані та наші результати суперечать одне одному. Річ у тім, що ебоніт і каучук мають хоч і близьку, але все-таки різну хімічну структуру: до складу ебоніту входить каучук та до 40% зв'язаної сірки. Внаслідок цього ебоніт і каучук можуть займати різні позиції у ряді електризації речовин.

Такі речовини як долоня людини, алюміній, залізо, дерево і папір займають у таблиці одну спільну позицію. Точності нашого експерименту виявилось недостатньо для розділення цих речовин і встановлення послідовності їх розміщення у ряді електризації.

2. Проведені досліди свідчать, що тіла електризуються тим краще, чим менша відносна вологість. При відносній вологості $\varphi \approx 90$ % і вище гігроскопічні тіла (азбест, волосся, хутро, папір, дерево) практично не електризуються самі і дуже погано електризують інші тіла. Електризацію гігроскопічних речовин вдалося зафіксувати при відносній вологості $\varphi \leq 75$ %.

Характерним є те, що тіла наелектризовані тертям об гігроскопічні речовини набувають значного чи навіть великого заряду, тоді як заряд гігроскопічних речовин за показами електрометра або малий, або такий, що його неможливо виявити. Крім того, навіть коли гігроскопічна речовина набуває певного заряду при електризації тертям, її заряд дуже швидко зменшується до нуля (так, при електризації оргскла і хутра (товстої тканини), хутро розряджається приблизно за одну хвилину). Зрозуміло, що причиною цього є вплив вологості повітря, але деталі його механізму ще необхідно вияснити.

Інший ряд речовин, таких як метали та долоня (шкіра) людини хоча і електризують в тій чи іншій мірі другі тіла, але самі за показами електрометра не виявляють електричного заряду. І метали, і тіло людини є гарними провідниками, що і є причиною таких результатів, але особливості механізму цього явища ще потрібно пояснити.

Метали і гігроскопічні речовини (за умов значної вологості повітря) є провідниками, що і зумовлює отримані результати. Але, згідно закону збереження електричного заряду, незрозуміло, чому цілий ряд речовин може набувати при електризації із гігроскопічними матеріалами, металами та долонею людини значного заряду, тоді як заряд на гігроскопічних речовинах є у кращому випадку дуже малим, а метали та долоня не виявляють свого заряду (за показами електрометра) взагалі.

І все-таки у одній серії дослідів нам вдалось виявити електричний заряд наелектризованого металу. Після тертя оргскла (пластмаси) безпосередньо об сферу електрометра та послідуючому його віддалені від електрометра, стрілка електрометра відхилялась на великий кут: оргскло (пластмаса) заряджається негативним, а метал – позитивним зарядом.

3. Коротко проаналізуємо можливі варіанти ***теоретичного обґрунтування*** послідовності розташування речовин при їх взаємній електризації контактом на рівні виявлення конкретних фізичних величин, котрі дозволяють змоделювати це явище.

До енергетичних характеристик атомів, молекул, речовин, котрі можуть бути пов’язані із електризацією тіл відносяться потенціал іонізації, енергія зв'язку електрона з атомами (або молекулами), спорідненість до електрона, робота виходу, контактна різниця потенціалу. Ми погоджуємось із твердженням, що *саме контактною різницею потенціалів може бути пояснена послідовність розташування речовин у ряді взаємної їх електризації контактом* [1], [2, 20-28], [6]. Для металів природно розташувати їх у ряді електризації у точній відповідності до ряду Вольти. Стосовно всіх інших використаних у експерименті речовин, на жаль, у доступній літературі, дані про контактну різницю потенціалів відсутні (є дані контактної різниці потенціалів контактів напівпровідник - напівпровідник, метал - напівпровідник).

Автори посібників [1], [2, 20-28], [6] вважають, що виникнення контактної різниці потенціалів між двома різними за природою металевими провідниками можна пояснити неоднаковою роботою виходу електронів у цих провідниках. Але навряд чи це повністю відповідає дійсності, що видно із наступних міркувань. За даними довідника фізичних величин [9], послідовність розташування металів за значеннями потенціалу іонізації, роботи виходу, значенням контактної різниці потенціалів у ряді Вольти різні. Отже, на прикладі металів видно, що контактна різниця потенціалів не може бути пояснена тільки неоднаковою роботою виходу різних металів у їх відокремленому стані. Це і зрозуміло, бо робота виходу є енергетичною характеристикою відокремленого металу (а потенціал іонізації – відокремленого атома (молекули)). При контакті двох металів енергетичний стан їх поверхонь змінюється, тому змінюється і робота виходу кожного із них. Значить контактну різницю потенціалів слід визначати у спеціальних експериментах.

Результат розведення поверхонь для провідників і діелектриків після їх контакту принципово різний [2]. При розведенні поверхонь провідників

(між ними існує контактна різниця потенціалів) заряди, що знаходяться на них, переміщуються уздовж поверхні, забезпечуючи однаковість потенціалу всього провідника. При остаточному розведенні провідників, на них не залишається зарядів. Цим і пояснюється неможливість взаємної електризації контактом двох різних металів. Точніше, при контакті між ними існує контактна різниця потенціалів, а отже їх можна вважати наелектризованими, але після розведення металів, заряду на них не залишається.

Результат розведення діелектриків інший. У них заряди не можуть переміщатися вздовж поверхні і сам потенціал вздовж поверхні може бути різним. Тому, після розведенні поверхонь діелектриків, вони виявляються носіями різнойменних, рівних по абсолютному значенню зарядів. Слід зазначити, що у діелектриків робота виходу сильно залежить від чистоти складу. Навіть невеликі домішки можуть істотно змінити роботу виходу. Крім того, робота виходу залежить від найменших забруднень поверхні.

При контакті металу із діелектриком, заряджається як діелектрик, так і метал. Але виявити наявність заряду на металі вдається не завжди, у чому ми переконались в останній серії дослідів.

Таким чином, належне теоретичне обґрунтування на основі достовірних експериментальних даних ряду електризації речовин на сьогоднішній день виявлене тільки для металів. Для інших речовин таких експериментальних даних не знайдено.

Література:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3. Электричество. Учебн. пособие для студентов физических спец. вузов. – М.: Наука, 1977. – 688 с.
2. Матвеев А.И. Электричество и магнетизм: Учебное пособие – М.: Высшая школа, 1983. – 463 с.
3. Калашников Г.С. Электричество: Учебное пособие. 5-е узд., испр. и доп. – М.: Наука, 1985. – 576 с.
4. Савельев И.В. Курс общей физики: Учебн. пособие. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1988.– 496 с.
5. Тамм Е.И. Основы теории электричества: Учебное пособие для ун-тов. – 10-е изд. – М.: Наука, 1989. – 504 с.
6. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.2. Електрика і магнетизм: Навч. посібн. – К.: Техніка, 2001. – 452 с.
7. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. 4-ое изд., испр. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 320 с.
8. Касьянов В.А. Физика 10 кл.: Учебник для общеобразовательных учреждений. – 6-ое изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.
9. Таблицы физических величин. Справочник. Под ред. акад. И.К. Кикоина. – М.: Атомиздат, 1976. – 1008 с.

СТАЦІОНАРНЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ ПРОВІДНИКА ЗІ СТРУМОМ ЯК РЕЛЯТИВІСТСЬКИЙ ЕФЕКТ

О.А. Коновал
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

При вивченні законів постійного струму і у вищій, і у середній школах, як правило, обмежуються законами Ома та наслідками, що випливають із них. Електротехнічний рівень викладання цих питань неминуче приводить до того, що природа та механізм виникнення стаціонарного електричного поля в провіднику зі струмом (СЕППС) не обговорюється, або майже не обговорюється. А для тих пояснень, що є в навчально-методичній літературі з цього питання, як свідчить аналіз, характерні суперечності та непослідовності. Мета роботи полягає в спростуванні цих (див. далі) суперечностей на основі принципу відносності (ПВ).

У більшості навчальних посібників з електромагнетизму [3; 4; 5; 6; 9] стверджується, що в нерухомому провіднику зі струмом об'ємна густина заряду дорівнює нулю. Дійсно, це випливає із закону збереження заряду для постійних струмів

$$div\vec{j} = 0 \tag{1}$$

і закону Кулона в формі:

$$div\vec{D} = \rho \tag{2}$$

Із рівнянь (1) та (2) одержуємо:

$$div\ \vec{j} = div\left(\lambda \cdot \vec{E}\right) = div\left(\frac{\lambda \cdot \vec{D}}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}\right) = 0, \tag{3}$$

де $\vec{j}$ – густина струму, $\vec{D} = \varepsilon\varepsilon_0\vec{E}$, $\vec{E}$ – напруженість електричного поля всередині провідника з постійним струмом (ППС), λ – питома електропровідність матеріалу, з якого виготовлений провідник.

Отже, $div\ \vec{D} = 0$, а тому об'ємна густина заряду ППС дорівнює нулю

$$\rho = 0. \tag{4}$$

Цей висновок справедливий при виконанні таких умов:

1) $\lambda = const$;

2) якщо знехтувати дією власного магнітного поля ППС на електрони провідності (пінч-ефект) [6];

3) якщо знехтувати залежністю об'ємної густини заряду від швидкості руху певного розподілу заряду [12].

У відсутності об'ємного заряду всередині ППС можна впевнитися із таких міркувань, без посилання на формули (1), (2), (3).

Густина струму в довільній точці однорідного ізотропного провідника пов'язана з напруженістю електричного поля в цій точці співвідношенням, що виражає закон Ома в диференціальній формі: $\vec{j} = \lambda\vec{E}$.

Із даного закону випливає, що лінії струму співпадають із силовими лініями стаціонарного електричного поля, яке підтримує ці струми.

Тому в режимі постійного струму лінії вектора $\vec{j}$ не можуть обриватися в середині провідника чи на його поверхні, бо інакше на цих ділянках кола відбувалося б накопичування зарядів, що змінювало б електричне поле, і постійний струм був би неможливий.

Таку ж властивість мають і силові лінії стаціонарного електричного поля: жодна з них не може обірватися всередині провідника (рис. 1) чи перетнути його поверхню (рис. 2).

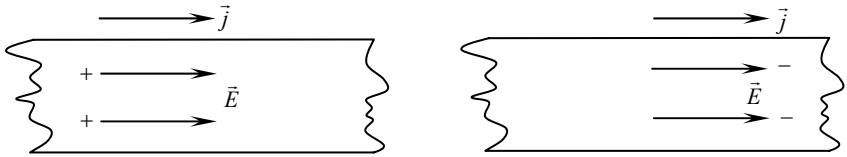


Рис. 1. Якби лінії вектора $\vec{j}$ починалися або закінчувалися всередині ППС, то на цих ділянках кола відбувалося б накопичування зарядів

Таким чином, робимо висновок, що всередині провідника і на його межі з діелектриком нормальна складова напруженості стаціонарного електричного поля дорівнює нулю.

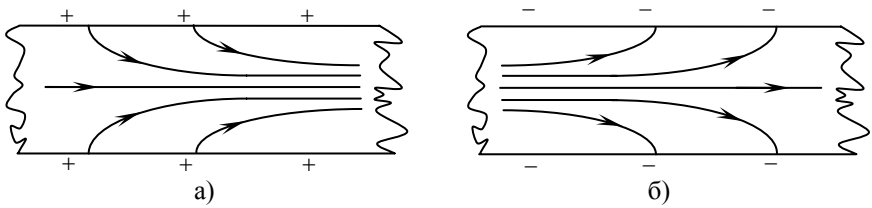


Рис. 2. Якби лінії вектора напруженості електричного поля $\vec{E}$ починалися (а) або закінчувалися (б) на поверхні ППС, то на ній накопичувалися б заряди і стаціонарний режим був би неможливим

Тому напруженість електричного поля в провіднику має на межі поділу ППС та діелектрика тільки дотичну складову, і силові лінії співпадають з поверхнею провідника. Можна сказати, що для стаціонарного електричного поля, що існує всередині провідника, поверхня провідника відіграє роль бар'єру, який спрямовує його силові лінії.

Якщо провідник має однакову площу поперечного перерізу, то стаціонарне електричне поле всередині цього провідника однорідне.

В науково-методичній літературі достатньо детально обґрунтований висновок про те, що заряджені частинки (ЗЧ), які створюють однорідне стаціонарне електричне поле в циліндричному провіднику розташовані на

поверхні провідника [1; 2; 4; 5; 7; 8].

Зокрема, якщо радіус поперечного перерізу такого провідника r_0, питома електропровідність λ, то поверхнева густина заряду на поверхні провідника з струмом дорівнює [6, 105-106]:

$$\sigma = \frac{E \cdot z}{4\pi r_0 \ln \frac{r_0}{a}},$$

де E – напруженість електричного поля в ППС, a – константа, z – координата точки провідника (вісь OZ циліндричної системи координат спрямована вздовж осі провідника).

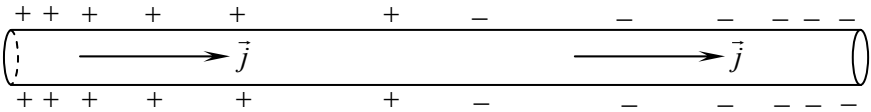


Рис. 3. Розподіл поверхневих зарядів по ППС, поверхнева густина яких зменшується в напрямку струму

Але щодо питання про характер СЕППС, та стан руху цих поверхневих зарядів, то в навчально-методичній літературі існують різні точки зору. Дійсно, приведемо декілька висловлювань по суті цього питання взятих із відомих посібників.

«Стаціонарне ЕППС всередині провідника створюється *нерухомими, постійними в часі поверхневими зарядами. У цьому відношенні ЕППС за своєю природою є кулонівським полем – воно аналогічне електростатичному полю нерухомих зарядів, і має потенціальний характер*» [3, 111].

Тобто, воно тільки аналогічне кулонівському (електростатичному), а по суті не є таким, хоча і «створюється нерухомими, постійними в часі поверхневими зарядами». І далі маємо майже прямо протилежне твердження:

«Отже, постійний струм у провіднику неможливо підтримувати за допомогою одних лише кулонівських сил» [3, 116].

А от в посібнику Гончаренко С.У. підкреслюється, що «…стаціонарне електричне поле істотно відрізняється від електростатичного» [2, 98]. Але в той же час, читаємо ми далі – вони (електростатичне поле та ЕППС) мають багато спільних властивостей. «Обидва вони потенціальні…, що свідчить про незамкнутість їхніх ліній: ці лінії починаються і закінчуються на зарядах, або в нескінченості» [2, 100].

Але моду в поясненні цього питання було задано в відомому підручнику Д.В. Сивухіна:

«Таким чином, у разі стаціонарних струмів макроскопічні електричні заряди можуть знаходитися тільки на поверхні або в місцях неоднорідності провідного середовища. В цьому відношенні електричне поле стаціонарних струмів аналогічно електростатичному. Аналогія між цими полями йде ще далі. Якщо струми стаціонарні, то густина електричних зарядів в кожній

точці простору не міняється в часі, *хоч і відбувається рух електрики: на місце електричних зарядів, що відходять, безперервно поступають нові. Такі заряди, як показує дослід (а також рівняння Максвела), створюють в навколишньому просторі таке ж кулонівське поле, що і нерухомі заряди тієї ж густини. Звідси витікає, що електричне поле стаціонарних струмів є поле потенційне.*

Електростатичне поле є кулонівським полем нерухомих зарядів. Усередині провідників при рівновазі зарядів воно рівне нулю. *Електричне поле стаціонарних струмів є також кулонівським полем, проте заряди, які його збуджують, знаходяться в русі. Тому поле стаціонарних струмів існує і усередині провідників*» [5, 177]. (Виділення в цитатах зроблені нами).

Але ж насправді ні досліди, ні рівняння Максвела не показують і не можуть показати, що рухомі заряди створюють таке ж кулонівське поле як і нерухомі заряди тієї ж густини. Електричне поле рухомих заряджених частинок (РЗЧ) принципово відрізняється від поля нерухомих ЗЧ [10]. По-перше, електричне поле РЗЧ непотенційне. По-друге, нехтування навіть мізерними релятивістськими поправками у виразах для векторів $\vec{E}$ та $\vec{B}$ електромагнітного поля РЗЧ при аналізі електромагнітних явищ приводить до “втрати” фізичного явища в теоретичному пізнанні [11; 14]. Тому твердження, що рухомі заряди створюють в навколишньому просторі таке ж кулонівське поле, що і нерухомі заряди тієї ж густини є помилковим.

Порівнюємо далі. В підручнику [3] говориться, що СЕППС створюється нерухомими зарядами, а в [5] навпаки, проводиться думка про те, що це поле створюється рухомими зарядами.

В монографії [7] вважається, (всупереч твердженню «лінії напруженості починаються і закінчуються на зарядах, або в нескінченості» [2, 100]), що силові лінії СЕППС всередині провідника, по якому протікає струм, не починаються на зарядах, які створюють це поле, хоча являються його “джерелами”, а проходять мимо них: «Силові лінії стаціонарного електричного поля *всередині* провідника, що несе струм, *не виходять із зарядів, що створюють це поле і які є його «джерелами», а проходять мимо них*» [7, 40].

«Підкреслимо, що заряди, які покривають поверхню провідника, по якому тече постійний струм, виникають в результаті скупчення заряджених частинок, *що беруть участь* в процесі перенесення заряду і безперервно *змінюють* одні одних. Проте їх рух не змінює розподіл зарядів на поверхні провідника. Цей розподіл безперервно відновлюється в процесі протікання струму»[7, 40].

В посібнику І.Є. Іродова повторюються тези посібника [5].

«Якщо струми стаціонарні, то розподіл електричних зарядів в провідному середовищі не міняється в часі, хоч і відбувається рух зарядів: у кожній точці на місце зарядів, що відходять, безперервно поступають нові. *Ці рухомі заряди створюють таке ж кулонівське поле, що і нерухомі заряди*

тієї ж конфігурації. Тому електричне поле стаціонарних струмів – поле потенційне...Електричне поле у стаціонарних струмів є також кулонівським полем, проте заряди, що його збуджують, знаходяться в русі. Тому поле $\vec{E}$ *у стаціонарних струмів існує і усередині провідників із струмом»* [4, 124].

Виділимо тепер основні положення приведених висловлювань.

1. Ми бачимо, що в навчальній літературі мають місце прямо протилежні твердження щодо стану руху тих поверхневих зарядів, які створюють ЕППС. В більшості посібників наполегливо повторюється, що «відбувається рух зарядів: у кожній точці на місце зарядів, що відходять, безперервно поступають нові»[4; 5; 7].

Виходячи із специфіки явища протікання електричного струму слід вважати, на нашу думку, що якраз ці рухомі заряди створюють електричне поле в провіднику зі струмом.

Тобто незважаючи на те, що розподіл поверхневих зарядів залишається незмінним у часі, цей розподіл зумовлений рухомими ЗЧ. Проте ця стаціонарність являється динамічною – стаціонарність як наслідок руху ЗЧ.

В той же час в деяких посібниках вважається, що СЕППС всередині провідника створюється «*нерухомими, постійними в часі поверхневими зарядами*» [3].

2. Вважається, що ЕППС кулонівське, хоч і створюється рухомими зарядами [4; 5]. Тому ЕППС є потенційним. Звичайно проблеми не виникає, коли вважати, що заряди нерухомі [3].

Ці два положення несумісні між собою. Дійсно, електричне поле рівномірно рухомої ЗЧ являється непотенційним. Тоді залишається не зрозумілим як може сукупність рухомих ЗЧ створювати потенційне електричне поле. На наш погляд це протиріччя є основним в поясненні властивостей ЕППС в цитованих вище посібниках.

Якраз відсутність чіткої відповіді на це питання, як нам здається, і змушує твердити [2; 3; 4; 5; 7], що рухомі ЗЧ створюють таке ж кулонівське поле як і нерухомі, тобто ЕППС – поле потенційне. Тобто, в існуючих посібниках це протиріччя розв’язують просто: хоч ЗЧ, які створюють ЕППС і рухаються, але поле їх залишається кулонівським, потенційним. І проблеми немає.

Але ж як може сумарне електричне поле сукупності рухомих електронів провідності бути потенційним, якщо поле кожного окремого рухомого електрону явно непотенційне? Звичайно вважається, що принцип суперпозиції має місце.

З іншого боку, якщо вважати електричне поле ППС непотенційним, то стає незрозумілою сама можливість, наприклад, вимірювання напруги в колі постійного струму. А із практики відомо, що СЕППС являється потенційним і тому на основі вимірювання різниці потенціалів на кінцях провідника довжиною l ми знаходимо тангенційну складову вектора $\vec{E}$ на повер-

хні ППС $\frac{\Delta\varphi}{l} = E$, а отже і величину напруженості електричного поля всередині ППС.

В роботі [11] показано, що в загальноприйнятій в дидактиці фізики моделі ППС (нерухомі іони знаходяться у вузлах кристалічної гратки, а електричний струм зумовлений дрейфовим рухом електронів провідності) електричне поле ППС є непотенційним. Непотенційна складова електричного поля постійного струму за величиною $\approx \beta^2$, де $\beta = \frac{x}{c}$, υ – дрейфова швидкість електронів провідності [10, 11].

Як відомо, диференційною умовою непотенційності будь-якого векторного поля являється нерівність нулеві ротора вектора напруженості цього поля. Після нескладних, але кропітких, підрахунків для $rot\,\vec{D}$ електричного поля відрізка струму довжиною l в будь-якій точці $P(x, y, z)$ простору маємо [11]:

$$rot\vec{D} = \vec{j}\,\frac{\tau\cdot\beta^2 z\cdot\left(1-\beta^2\right)}{4\pi}K\left(x,y,z,t\right) - \vec{k}\,\frac{\tau\beta^2 y(1-\beta^2)}{4\pi}\cdot K\left(x,y,z,t\right) \neq 0,$$

де

$$K\left(x,y,z,t\right) = \left(\frac{1}{\left\{\left(x-b\right)^2 + \rho^2(1-\beta^2)\right\}^{3/2}} - \frac{1}{\left\{\left(x-a\right)^2 + \rho^2(1-\beta^2)\right\}^{3/2}}\right),$$

$$b - a = l,\ \rho^2 = y^2 + z^2.$$

В той же час в будь-якій точці простору в будь-який момент часу в околі ППС, непотенційне електричне поле ***компенсується*** вихровим електричним полем, зумовленим зміною в часі індукції магнітного поля $\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$.

Тут $\vec{B}\left(x,y,z,t\right)$ індукція магнітного поля, що породжується лінійною процесією ЗЧ (відрізком провідника з постійним струмом).

Таким чином, стає зрозумілою одна із особливостей механізму створення та існування потенційного СЕППС. У всякому разі ясно, чому при протіканні постійного струму по однорідному провіднику електричне поле його є потенційним і тому вимірювання напруги на ділянці кола постійного струму дає можливість визначити напруженість СЕППС всередині провідника. І все це незважаючи на те, що СЕППС створюється як поверхневими зарядами, так і рухомими ЗЧ, електричне поле кожної з них являється непотенційним.

Таким чином, процес протікання струму, процедура вимірювання напруги і струму, пояснення фізичних явищ, що відбуваються в колі постійного струму неможливо несуперечливо пояснити і зрозуміти без польових уявлень та без принципу відносності. ПВ пояснює основні властивості електромагнітних явищ, що спостерігаються всередині та навколо ППС.

Якщо не враховувати релятивістські поправки в виразі для напруженості електричного поля РЗЧ та процесії заряджених частинок, то, начебто, стає зрозумілим потенційний характер СЕППС. Вислів «начебто, є зрозумілим» означає, що пояснення цього явища в різних науково-методичних виданнях відображає суперечливість і непослідовність інтерпретації природи СЕППС як в рамках окремого посібника, так і при порівнянні цієї інтерпретації в різних літературних джерелах. Але тоді ми стикаємося із серйозними протиріччями з ПВ. Зокрема, контур із металевої дротини нагрівався б, якби він знаходився полі ППС.

Якщо ж ми будемо враховувати релятивістські поправки і використовувати точні вирази тільки для напруженості електричного поля $\vec{E}$ процесії частинок, то приходимо до висновку, що в просторі навколо ППС буде існувати непотенційне електричне поле. Це непотенційне електричне поле ППС, хоч і незначної величини, в принципі можна було б виміряти і спостерігати прояви його.

Якщо ж при цьому врахувати точний, релятивістський вираз для індукції магнітного поля, то відбувається компенсація непотенційного електричного поля.

Такі пояснення та уявлення створюють і формують цілісну і несуперечливу картину механізму протікання електромагнітних процесів в колі постійного струму.

Знову ж таки ми впевнюємося, що тільки теорія може пояснити те, що вимірюється чи спостерігається у фізичних експериментах.

Слід зазначити, що електричне поле як всередині, так і зовні ППС може бути зумовлене також пінч-ефектом. Тоді провідник зі струмом характеризується об'ємною густиною заряду ($\varepsilon = 1$) [9, 12],

$$\rho = \frac{\varepsilon \cdot \vec{\upsilon}\vec{j}}{c^2} = \rho_- \frac{\upsilon^2}{c^2},$$

де $\rho_- = \dfrac{\rho_-^0}{\sqrt{1-\beta^2}}$ – об'ємна густина заряду електронів провідності в системі відліку (СВ) *K*, в якій провідник нерухомий, ρ_-^0 – об'ємна густина заряду електронів провідності у власній СВ, і поверхневою густиною заряду [6, 322]:

$$\sigma = \frac{r_0 j \upsilon}{2c^2} - \frac{j\left(\dfrac{\pi r_0^2 \upsilon}{c^2} - \dfrac{z}{\lambda}\right)}{4\pi \cdot r_0 \ln \dfrac{r_0}{a}}$$

Але є ще одне фізичне явище, яке, в принципі, в такій моделі ППС може приводити до виникнення додаткового електричного поля. Це додаткове електричне поле зумовлене різницею в величинах густини зарядів сукупності електронів і іонів кристалічної гратки внаслідок руху їх з різними

швидкостями в деякій СВ [12].

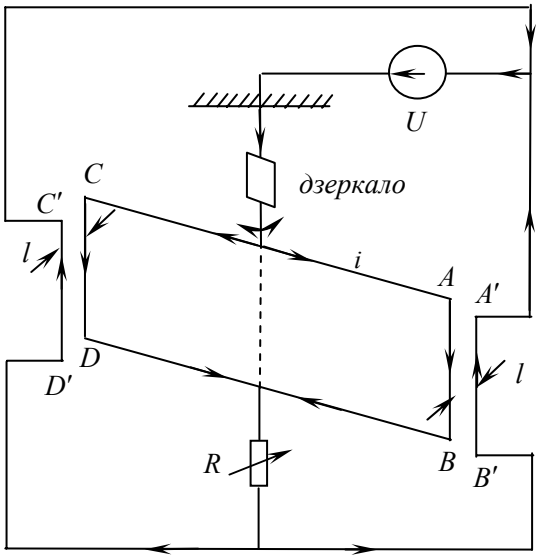


Рис. 4. Принципова схема установки для дослідження електромагнітної взаємодії між провідниками зі струмами $C'D'$ і CD та $A'B'$ і AB

Тому при описі взаємодії провідників зі струмами необхідно враховувати і електричну складову цієї взаємодії [4, 13].

Запропонована установка, яка дозволить експериментально дослідити електричну складову взаємодії між двома ППС, рис. 4. Попередні дослідження на якісному рівні підтверджують деякі висновки теорії.

Висновки

1. На основі ПВ спростовані деякі суперечності в інтерпретації потенційності СЕППС. Тобто, в моделі ППС, яка широко використовується в дидактиці фізики, запропоноване пояснення дослідної неспостережуваності непотенційного, в принципі, електричного поля лінійної процесії ЗЧ.

2. При аналізі будь-яких електродинамічних явищ використання нерелятивістських наближень (формул, виразів, співвідношень) виявляється некоректним. Нехтування навіть мізерними релятивістськими ефектами при аналізі електромагнітних явищ приводить до “втрати” фізичного явища в теоретичному пізнанні [10, 11, 12, 14].

Література:

1. Гончаренко С.У. Фізика.10 кл. Пробн. навч. посібн. для ліцеїв та класів природничо-наук. профілю. – К.: Освіта, 1998. – 445 с.
2. Гончаренко С.У. Формування наукового світогляду учнів під час ви-

вчення фізики: Посібник для вчителя. – К.: Рад. шк., 1990. – 208 с.
3. Кучерук І.М., Горбачук І. Т., Луцик П. П. Загальний курс фізики: У 3 т. – Т. 2. Электрика і магнетизм. – К.: Техніка, 2001. – 452 с.
4. Иродов И.Е. Электромагетизм. Основные законы.– М.: ВШ, 2001.– 352 с.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том III: Электричество. – М.: Наука, 1977. – 688 с.
6. Терлецкий Я.П., Рыбаков Ю.П. Электродинамика: Учеб. пособие для студ. физ. спец. университетов. – М.: Высшая шк., 1990. – 352 с.
7. Рязанов Г.А. Опыты и моделирование при изучении электромагнитного поля. – М.: Наука, 1966. – 208 с.
8. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм: Учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 1983. – 463 с.
9. Мартинсон М.Л., Недоспасов А.В. О плотности заряда внутри проводника с током // Успехи физических наук. – 1993. – Т. 163. – №1. – С. 91-92.
10. Коновал О.А. Непотенціальність електричного поля рухомої зарядженої частинки і закон електромагнітної індукції // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки: Збірник. У 2-х т. – Чернігів: ЧДПУ, 2002. – Вип. 13. – Т. 2. – С. 192-195.
11. Коновал О.А. Стаціонарне електричне поле постійного струму та принцип відносності // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2006. – Випуск 66. – Ч. 2. – С. 138-143.
12. Коновал О.А. Електричне поле провідника з струмом // Збірник наукових праць Кам’янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: “Дидактика дисциплін фізико-математичної та технологічної освітніх галузей”. – Кам’янець-Подільський: К-ПДПУ, інформаційно-видавничий відділ, 2002. – Вип. 8. – С. 265–275.
13. Коновал О.А. Релятивістський опис взаємодії між провідниками зі струмами // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 25. Серія: педагогічні науки. – Чернігів: ЧДПУ, 2005. – № 226. – С. 171-177.
14. Коновал О.А. Формування уявлень про відносність та взаємозв’язок електричного та магнітного полів при вивченні електромагнетизму // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2003. – Випуск 51. – Частина 1. – С. 135-141.

ПРИРОДА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ

О.А. Коновал
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

При поясненні явища електромагнітної індукції і вивченні його як в СНЗ так і в ВНЗ увага звертається на дві фізичних причини виникнення індукованої ЕРС в замкнутому контурі або в окремих частинах його [1–9; 15]: дія сили Лорентца на вільні електрони провідника контуру, який рухається в магнітному полі (МП) та виникнення вихрового електричного поля в нестаціонарному МП.

При цьому особливо наголошується на відсутності єдиного принципу, що лежить в основі закону електромагнітної індукції.

“Ми не знаємо у фізиці жодного іншого такого прикладу, коли б простий і точний загальний закон вимагав для свого справжнього розуміння аналізу в термінах двох різних явищ. Зазвичай таке красиве узагальнення виявляється випливаючим з єдиного глибокого основоположного принципу. Але в цьому випадку якого-небудь особливо глибокого принципу не видно. Ми повинні сприймати “правило” як спільний ефект двох абсолютно різних явищ” [1, 53].

Під „правилом” Р. Фейнман має на увазі закон електромагнітної індукції (ЕМІ) в інтегральній формі:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} \qquad (1)$$

В посібнику І.Є. Іродова повторюються слова Р. Фейнмана: «Зважаючи на те що ніякого єдиного глибокого принципу, об’єднуючого обидва явища, не видно, ми повинні сприймати закон електромагнітної індукції як сумісний ефект двох абсолютно різних явищ. Обидва ці явища, взагалі кажучи, незалежні один від одного, і проте – що дивно – ЕРС індукції в контурі завжди рівна зміні магнітного потоку крізь контур» [7, 230].

Всупереч цій широко поширеній, як в методичній так і в науковій літературі, точці зору на природу ЕРС індукції нами показано [10–12; 14; 16], що і закон ЕМІ і саме явище ЕМІ являються наслідком принципу відносності і закону Кулона. Тобто, можна стверджувати, що знайдений фундаментальний фізичний принцип, який лежить в основі електромагнітної індукції.

А подання закону ЕМІ в формі

$$rot\vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt} \qquad (2)$$

зводить ті дві причини до однієї [12; 16].

В залежності від умов спостереження закон (2) дозволяє інтерпретувати явище ЕМІ на мові вихрового електричного поля в нестаціонарному МП, або на мові поля сили Лорентца.

Дійсно, повна похідна вектора $\vec{B}$ дорівнює:

$$\frac{d\vec{B}}{dt}=\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}+\left(\vec{V}\nabla\right)\vec{B}=\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}-rot\left[\vec{V},\vec{B}\right]+\left(\vec{B}\nabla\right)\vec{V}+\vec{V}\cdot di\upsilon\vec{B}-\vec{B}\cdot di\upsilon\vec{V} \qquad (3)$$

При русі тіла як цілого $di\upsilon\vec{V}=0$ (при $\vec{V}=const$). Іншими словами, $di\upsilon\vec{V}=0$ означає "нестисливість" тіла. $di\upsilon\vec{B}=0$ завжди, а $\left(\vec{B}\nabla\right)\vec{V}$ враховує зміну орієнтації вектора $\vec{B}$ по відношенню до тіла [13, 264]. Цей доданок дорівнює нулю при поступальному русі з $\vec{V}=const$ і дорівнює $\left[\vec{\omega},\vec{B}\right]$ при обертанні тіла.

Таким чином, при русі немагнітного провідника в МП з індукцією $\vec{B}$ рівняння (2) набуває вигляду:

$$rot\vec{E}=-\frac{d\vec{B}}{dt}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}+rot\left[\vec{V},\vec{B}\right] \qquad (4)$$

Якщо МП стаціонарне, то $\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}=0$, і тоді напруженість індукційного електричного поля в довільній точці провідника (точці „спостереження"), що рухається зі швидкістю $\vec{V}$, дорівнює:

$$\vec{E}=\left[\vec{V},\vec{B}\right] \qquad (5)$$

Якщо ж контур чи частина його не рухається, а МП нестаціонарне, то вихрове електричне поле в довільній точці простору визначається:

$$rot\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \qquad (6)$$

Використовуючи теорему Стокса закон (2) запишемо в інтегральній формі:

$$\varepsilon_i=\oint_L\vec{E}d\vec{l}=-\int_S\frac{d\vec{B}}{dt}\cdot d\vec{S}=-\int_S\left(\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}-rot\left[\vec{V},\vec{B}\right]\right)d\vec{S}=-\frac{\partial\Phi}{\partial t}+\oint\left[\vec{V},\vec{B}\right]\cdot d\vec{l}=-\frac{d\Phi}{dt}$$

Таким чином, ця дивина – «ЕРС індукції в контурі завжди рівна зміні магнітного потоку крізь контур», зникає якщо закон ЕМІ записати у формі (2), яка випливає із принципу відносності та закону Кулона.

Зауважимо на кінець, що форма (2) закону ЕМІ інколи з'являється в деяких посібниках, але із пояснень відповідних частин цих посібників щодо (2) видно повне нерозуміння сутті (2) [2, 233], [15, 350], [17, 24].

Література:

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 6. – М.: Мир, 1966. – 343 с.
2. Парселл Э. Электричество и магнетизм:Учебное руководство: Пер. с англ. / Под ред. А.И. Шальникова и А.О. Вайсенберга. – 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1983. – (Берклиевский курс физики). – 416 с.

3. Акименко М., Дідович М.М. Методика вивчення явища електромагнітної індукції // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №1. – С. 23–26.
4. Глазунов А.Т., Нурминский И.И., Пинский А.А. Методика преподавания физики в средней школе: Электродинамика нестационарных явлений. Квантовая физика: Пособие для учителя. – М.: Просвещение, 1989. – 272 с.
5. Каменецкий С.Е., Пустыльник И.Г. Электродинамика в курсе физики средней школы. Пособие для учителей.– М.: Просвещение, 1978. – 127 с.
6. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм: Учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 1983. – 463 с.
7. Иродов И. Е. Электромагетизм. Основные законы. – 4-е изд., испр. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 320 с.
8. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. Т. II. – М.: Наука, 1972. – 368 с.
9. Вознюк С.Ю., Кульчицький В.І. Формування поняття “електромагнітне поле” на основі фундаментальних понять // Фізика та астрономія в школі. – 1999. – № 4 . – С. 43–47.
10. Коновал О.А. Непотенціальність електричного поля рухомої зарядженої частинки і закон електромагнітної індукції // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки: Збірник. У 2-х т. – Чернігів: ЧДПУ, 2002. – Вип. 13. – Т. 2. – С. 192–195.
11. Коновал О.А. Принцип відносності і закон електромагнітної індукції // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки: Збірник. У 2-х т. – Чернігів: ЧДПУ, 2004. – Вип.23. – С. 171–177.
12. Ландау Л.Д., Лифшиц И.М. Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука, 1957. – 532 с.
13. Коновал О.А. Основи електродинаміки. – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2007. – 328 с.
14. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики: У 3-х т.: Навч. посіб. для студ. вищ. тех. і пед. закл. освіти. – Т.2.: Електрика і магнетизм/за ред. Кучерука І.М. – К.: Техніка, 2001 – 452 с.
15. Коновал О.А., Слюсаренко М.А. Зміна в часі потоку векторного поля через рухому поверхню та фундаментальні закони електродинаміки // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 46. Серія: педагогічні науки. – Чернігів: ЧДПУ, 2007. – Вип.46. – Т. II. – С. 48–53.
16. Мултановский В.В., Василевский А.С. Курс теоретической физики: Классическая электродинамика: Учеб. пособ. для студ. физ.-мат. фак. пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1990. – 272 с.

ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ НА РІВНІ ЇЇ ПОЛЬОВОГО ТРАКТУВАННЯ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

В.І. Бурак, Є.І. Тіщенко, О.С. Мочеус
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Аналіз навчальної і наукової літератури свідчить, що, одне із фундаментальних явищ електромагнетизму – електромагнітна індукція (ЕМІ), – неоднозначно трактується з наукової точки зору, внаслідок чого існують різні підходи щодо методики його навчання у вузівському курсі фізики [1] – [10].

Вдало, на нашу думку, суть ЕМІ трактується в останньому виданні фізичної енциклопедії, в якій дають наступне означення [10, 537-538]: „***Електромагнітна індукція*** – це виникнення електричного поля, електричного струму, електричної поляризації при зміні у часі магнітного поля, або при русі матеріального середовища в магнітному полі. Вирізняють два типи ефектів ЕМІ...”.

Один із них „пов’язаний із рухом матеріального середовища (провідників, діелектриків, твердих тіл, рідин, газів, плазми) в стаціонарному магнітному полі $\boldsymbol{B}$ ($\boldsymbol{r}$). На заряджені частинки в рухомих тілах діє магнітна сила Лоренца ..., котра приводить до розділення зарядів протилежних знаків, до генерації електричних струмів у провідниках, до поляризації діелектриків. Індуковані електричні поля при цьому потенціальні ... відбувається перетворення механічної енергії в електромагнітну … Для електричних кіл, що складаються із тонких провідників”, електрорушійна сила ЕМІ має вираз:

$$\varepsilon = \oint_l [\vec{u}\ \vec{B}]\, d\vec{l}\ , \qquad (1)$$

де $\boldsymbol{u}$ **–** середня швидкість носіїв заряду.

Інший тип ефектів ЕМІ „полягає у наведенні вихрового електричного поля $\boldsymbol{E}$ ($\boldsymbol{r}$, t) змінним магнітним полем $\boldsymbol{B}$ ($\boldsymbol{r}$, t):

$$rot\ \vec{E} = -\frac{\partial\ \vec{B}}{\partial\ t} \quad \text{або} \quad \varepsilon = \oint_l \vec{E}\ d\vec{l}\ = -\frac{\partial}{\partial t}\oint_S \vec{B}\ d\vec{S} = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} \qquad (2)$$

де: S – поверхня, обмежена фіксованим контуром l; Φ – магнітний потік через S (напрями нормалі до S і обходу по контуру зв’язані правилом правого гвинта). Співвідношення (2) є строгими рівняннями класичної електродинаміки (рівняння Максвелла – 1864 р.), що універсально застосовуються як для вільного простору (електродинамічного вакууму), так і для довільних середовищ і систем (нерухомих і рухомих). В простих випадках замкнутих нерухомих квазістаціонарних електричних кіл, виконаних із достатньо тонких провідників, циркуляція електричного поля ε в (2) може наближено трактуватись, як електрорушійна сила ЕМІ ...”.

„У твердих тілах з електронною чи дірковою провідністю … можна

об'єднати електрорушійні сили" за виразами (1) і (2):

$$\varepsilon(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = \oint_l \left(\vec{E} + [\vec{u}\ \vec{B}]\right) d\vec{l} \qquad (3)$$

„На відміну від (2), вираз (3) справедливий тільки в квазістаціонарному наближенні. Повна похідна за часом від магнітного потоку враховує його зміни, пов'язані як зі зміною індукції магнітного поля з часом, так і з рухом (деформацією) провідного контуру" [10, 537-538].

Співвідношення (3) здебільшого називають законом (основним законом) ЕМІ [1, 266], [4, 316], [5, 182], [7, 277], [9, 225-228]. Інколи його не зовсім вдало іменують законом Фарадея (законом ЕМІ Фарадея) [3, 245], [4, 318], [8, 349], [10, 538], хоча вперше математичний запис

$$\varepsilon(t) = -\, d\Phi/dt \qquad (4)$$

для електрорушійної сили ЕМІ запропонував у 1845 р. Ф. Нейман. Р. Фейнман [2, 51–56] цей закон іменує „правилом потоку".

У більшості літературних джерел [1, 264-296], [2, 51-76], [3, 228-272], [4, 312-320], [5, 178-206], [6, 200], [7, 290], [8, 344-360], [9, 228-231] підкреслено, що закон ЕМІ у формулюванні Максвелла (2) більш повний і глибокий за своїм фізичним змістом, оскільки змінне магнітне поле породжує вихрове електричне поле і за відсутності провідних контурів та матеріального середовища.

У певному розумінні, для першого типу ефектів електромагнітної індукції, закон ЕМІ можна вивести чи на основі сили Лоренца, чи (аналогічно до того, як це зробив Гельмгольц) на основі закону збереження енергії [1, 264-267], [3, 231-243], [6, 182-184], [7, 277-279], [8, 347-349], [9, 227-228]. Саме тому, з методичної точки зору, його ставлять на першу позицію. Хоча з фізичної точки зору більш значимим є індукування вихрового електричного поля змінним магнітним полем.

Важливим є врахування принципу відносності при аналізі першого типу ефектів ЕМІ. Повно це питання розкрито у Е. Парселла [3, 231-243].

Показано, що в інерціальній системі відліку, відносно якої провідник рухається з постійною швидкістю в однорідному магнітному полі, перерозподіл зарядів у провідникові відбувається під дією магнітної складової сили Лоренца. Внаслідок перерозподілу зарядів, навколо провідника і в провідникові виникає електричне поле, про яке у публікації [11] відмічають, що воно нагадує стаціонарне електричне поле.

В іншій інерціальній системі відліку, пов'язаній із провідником, сам провідник нерухомий, а „магнітне поле рухається" відносно нього. У цій системі відліку магнітна складова сили Лоренца відсутня, зате провідник, внаслідок „руху магнітного поля", знаходиться в однорідному електричному полі із напруженістю $\boldsymbol{E} = [\boldsymbol{u}\ \boldsymbol{B}]$. Під дією цього електричного поля і відбувається перерозподіл електричних зарядів у провіднику. Внаслідок перерозподілу зарядів виникає електричне поле, котре за принципом суперпозиції накладається з вищезазначеним електричним полем. Результатом цього є

наявність у даній системі відліку результуючого електричного поля навколо провідника і його відсутність всередині провідника (як у випадку провідника, розміщеного в однорідному електростатичному полі).

Питання відносності при вивчення ЕМІ значною мірою розкрите також у навчальних посібниках Д.В. Сивухіна [1, 264-296], Р. Фейнмана та співавторів [2, 51-76], А.І. Матвєєва [4, 312-320].

У навчальних посібниках [6, 181-198] та [9, 232-233] обґрунтовано, що робота сили Лоренца по розділенню електричних зарядів у провіднику, що рухається у МП, рівна нулю. Автори публікації [11] доводять, що роботу по розділенню електричних зарядів виконує зовнішня сила, в результаті чого механічна енергія перетворюється в електричну.

Важливим є те, що обидва типи ефектів електромагнітної індукції в цілому можна описати одним законом ЕМІ (4) через зміну потоку магнітної індукції у часі. При цьому треба мати на увазі, що для першого типу ЕМІ цей потік у певних випадках не має реального фізичного змісту: наприклад, при русі відокремленого провідника у магнітному маємо справу із потоком, через контур, окреслений провідником під час руху (а не через реальний провідний контур). Ряд характерних прикладів винятків із „правила потоку" приведено у фізичній енциклопедії [10, 538] та у навчальному посібнику І.Є. Іродова [9, 231-232]. Особливо чітко це підкреслено у навчальному посібнику Р. Фейнмана та співавторів [2, 51-76]. Автори не тільки розглядають декілька цікавих прикладів винятків із „правила потоку", але й зауважують: „Ми не знаємо у фізиці жодного іншого такого прикладу, коли б простий і точний загальний закон потребував для свого справжнього розуміння аналізу в термінах двох різних явищ. Зазвичай настільки красиве узагальнення виявляється вихідним із єдиного глибокого основопокладаючого принципу. Але в цьому випадку якого-небудь особливо глибокого принципу не видно. Ми повинні сприймати „правило" як спільний ефект двох цілком різних явищ" [2, 54].

Значну увагу цій проблемі приділено у роботі О.А. Коновала [12]. По-перше, показано можливість виведення закону ЕМІ із принципу відносності та закону Кулона. Це свідчить про те, що у відповідності до релятивістських засад, закон ЕМІ не є незалежним фундаментальним законом. По-друге, на основі принципу відносності показано можливість об'єднання двох типів ЕМІ шляхом розширеного трактування рівнянь Максвелла. Отже, ми є свідками подальшого розвитку розуміння природи явища електромагнітної індукції та спроб розкриття єдиної причини різних його проявів.

Виникає питання вибору методики навчання ЕМІ у вищих навчальних закладах. Ми дотримуємось думки про необхідність розкриття електромагнітної індукції на засадах її польового трактування. Для досягнення цієї мети розвиваємо ідеї, започатковані у навчальних посібниках Р. Фейнмана [2], І.В. Савельєва [6], А.А. Детлафа і Б.М. Яворського [7], І.Є. Іродова [9] і, насамперед, Е. Парселла [3], та об'єднуємо вивчення тем «Електромагнітна

індукція» і «Електромагнітне поле» у рамках окремого змістового підрозділу і використовуємо наступну послідовність розкриття матеріалу.

Електромагнітна індукція. Електромагнітне поле.

1. *Індукування електричного поля при взаємному русі провідника і магнітного поля*. Відкриття Фарадеєм явища електромагнітної індукції. Індукування електричного поля при взаємному русі провідника і магнітного поля – перший тип ефектів електромагнітної індукції: напруженість індукованого електричного поля; електрорушійна сила індукції на кінцях провідника.

2. *Індукування вихрового електричного поля змінним магнітним полем – перше рівняння Максвелла*. Індукування вихрового електричного поля змінним магнітним полем, гіпотеза Максвелла – другий тип ефектів електромагнітної індукції. Правило Ленца. Закон електромагнітної індукції. Властивості вихрового електричного поля, перше рівняння Максвелла.

3. *Явище самоіндукції та взаємоіндукції. Енергія магнітного поля*. Явище самоіндукції та електрорушійна сила самоіндукції. Індуктивність. Перехідні процеси, що супроводжують явище самоіндукції при вмиканні та вимиканні електричного кола. Явище взаємної індукції. Енергія магнітного поля електричного струму. Енергія і густина енергії магнітного поля.

4. *Повна система рівнянь Максвелла - Лоренца. Електромагнітне поле.* Явище магнітоелектричної індукції. Струм зміщення. Дослід Ейхенвальда. Друге рівняння Максвелла. Повна система рівнянь Максвелла. „Матеріальні” рівняння електронної теорії Лоренца. Електромагнітне поле. Перетворення Лоренца для електромагнітного поля у вакуумі.

5. *Використання явища електромагнітної індукції*. Вихрові індукційні струми та їх використання. Скін-ефект. Бетатрон – індукційний прискорювач електрично заряджених частинок.

При розкритті суті двох типів ефектів ЕМІ, вже у заголовках націлюємо студентів на осягнення навчального матеріалу на рівні його польового трактування.

Для першого типу ефектів ЕМІ, ми спочатку аналізуємо силу Лоренца і виводимо вираз для напруженості індукованого електричного поля $\boldsymbol{E} = [\boldsymbol{u}\ \boldsymbol{B}]$ (причому у двох інерціальних системах відліку – лабораторній, відносно якої провідник рухається зі швидкістю $\boldsymbol{u}$, та пов’язаній із провідником, розвиваючи підходи Е. Парселла [3]), а потім – отримуємо вираз (1) для електрорушійної сили індукції, що виникає на кінцях провідника та закон електромагнітної індукції (4).

Для другого типу ефектів ЕМІ, не тільки обґрунтовуємо закон ЕМІ, але й одразу підкріплюємо його першим рівнянням Максвелла (у інтегральній та диференціальній формі). Останнє сприяє кращому розумінню студентами польової природи ЕМІ.

Суттєвим є те, що у пункті 5 цього підрозділу ми розглядаємо магнітоелектричну індукцію, обґрунтовуємо фізичний зміст струму зміщення у його польовому трактуванні і розкриваємо суть другого рівняння Максвелла

(у інтегральній та диференціальній формі). Логічним продовженням цього є аналіз повної системи рівнянь Максвелла, доповнених „матеріальними” рівняннями електронної теорії Лоренца, і обґрунтування наявності „єдиного” електромагнітного поля.

Зазвичай рівняння Максвелла розкривають згодом, перед вивченням електромагнітних хвиль [1], [4], [5], [8]. Це створює певні перепони для розуміння студентами польової природи ЕМІ. Окрім того, виникають певні методичні труднощі й при висвітленні окремих питань, що стосуються електромагнітних коливань. Вивчення магнітоелектричної індукції одразу після електромагнітної, їх аналіз на рівні повної системи рівнянь Максвелла сприяє кращому розумінню студентами польової природи ЕМІ, більш переконливо показує, що явище ЕМІ не тільки кардинальним чином розширює взаємозв’язок між електричним та магнітним полями, але й доводить існування електромагнітного поля.

Література:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3. Электричество. Учебн. пособие для студентов физических спец. вузов. – М.: Наука, 1977. – 688 с.
2. Фейнман Р., Лейтон Р, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т.6. Электродинамика. – М.: Мир, 1977. – 347 с.
3. Парселл Э. Электричество и магнетизм. (Берклеевский курс физики). Пер. с англ. под ред. А.И. Шальникова и А.О. Вайсенберга. – М.: Наука, 1983. – 415 с.
4. Матвеев А.И. Электричество и магнетизм: Учебное пособие – М.: Высшая школа, 1983. – 463 с.
5. Калашников Г.С. Электричество: Учебное пособие. 5-е узд., испр. и доп. – М.: Наука, 1985. – 576 с.
6. Савельев И.В. Курс общей физики: Учебн. пособие. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1988.– 496с.
7. Детлаф А.А., Яворський Б.М. Курс физики: Учебное пособие для втузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 607 с.
8. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.2. Електрика і магнетизм: Навч. посібн. – К.: Техніка, 2001. – 452 с.
9. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. 4-ое изд., испр. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 320 с.
10. Физическая энциклопедия. / Под ред. Прохорова А.М. Т. 5. – М.: Советская энциклопедия. – 1998. – 691 с.
11. Акименко М., Дідович М. Методика вивчення явища електромагнітної індукції. // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №1. – С. 23–26.
12. Коновал О.А. Принцип відносності і закон електромагнітної індукції // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 23. Серія: педагогічні науки. – Чернігів: ЧДПУ, 2004. – № 23. – С. 171–177.

ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМУ НА СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ФІЗИКА» ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЗА УМОВ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ

В.І. Бурак, О.А. Коновал
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Планування навчального процесу з електромагнетизму здійснюється у рамках загальних вимог галузевого стандарту вищої освіти щодо освітньо-професійної програми для бакалаврів спеціальності „Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика” [1], програми навчальної дисципліни „Загальна фізика” для студентів вищих педагогічних закладів освіти [2] та вимог кредитно-модульної системи [3].

„Електрика і магнетизм” є третім розділом навчальної дисципліни „Загальна фізика” [2]. У цьому розділі розглядають електричні явища і електричне поле, магнітні явища і магнітне поле, електромагнітну індукцію, квазістаціонарні струми (електромагнітні коливання), електромагнітне поле та електромагнітні хвилі. Стосовно назви заголовку можна відмітити наступне. Ще декілька десятиліть назад для всього навчального матеріалу з електромагнетизму використовували заголовок „Електрика” [4], [5]. Наприкінці минулого, на початку нового століття традиційним став заголовок „Електрика і магнетизм” [6] – [10]. Оскільки тематика стосується не тільки електрики і магнетизму, але й інших тем класичного електромагнетизму, то логічнішим виглядає загальний заголовок „Електромагнетизм”, так як це реалізовано у навчальному посібнику І.Е. Іродова [11]. При цьому ми маємо на увазі й те, що у рамках теоретичної фізики студенти вивчатимуть також розділ „Електродинаміка”.

На вивчення „Електромагнетизму” у Криворізькому державному педагогічному університеті виділено 7 кредитів ECTS що становить 252 академічні години (на кожен кредит приходиться 36 годин), з наступним розподілом навчального навантаження: лекції – 48 год.; практичні заняття – 48 год.; лабораторні заняття – 32 год. (всього 128 год. аудиторних занять) та 124 год. самостійної роботи студентів, що становить 49,2 % від загального їх академічного навантаження.

У рамках кредитно-модульної системи все академічне навантаження розподіляють за змістовими модулями і контроль та оцінювання навчальних успіхів студентів теж здійснюють у межах кожного із модулів. Навчальні посібники із фізики за своєю структурою в цілому відповідають модульній системі, оскільки споріднений за тематикою матеріал розділений за відповідними розділами чи главами.

Одним із неоднозначних питань планування навчального процесу у рамках кредитно-модульної системи є вимога таким чином розділити все академічне навантаження за змістовими модулями, щоб на кожен із них прихо-

дилась приблизно однакова кількість навчальних годин. Водночас, різні традиційні тематичні розділи (глави) електромагнетизму неоднакові за об'ємом. Виникає потреба поєднання двох вимог: а) розділення електромагнетизму за його тематичними (змістовими) розділами; б) таке групування цих тематичних розділів у окремі модулі (змістові модулі), щоб на кожен із них приходилась приблизно однакова кількість навчальних годин.

Один із варіантів модульного розподілу матеріалу з електромагнетизму запропоновано у навчальному посібнику [12], у якому виокремлюють чотири модулі: 1) електростатика; 2) постійний струм; 3) магнітне поле (включаючи сюди електромагнітну індукцію і електромагнітні коливання); 4) електромагнітні хвилі. У такому разі модуль 3 об'єднує три тематичні розділи електромагнетизму, такі як магнітне поле, електромагнітна індукція, електромагнітні коливання (квазістаціонарні струми). Можна було б врахувати це у заголовку цього модуля. Але це не вирішує всіх проблем, оскільки два останні тематичні розділи за своєю фізичною суттю значно відрізняються від тематичного розділу, що стосується магнітного поля.

Враховуючи, що фізична суть таких тематичних розділів, як електромагнітна індукція, квазістаціонарні струми (електромагнітні коливання), електромагнітне поле та електромагнітні хвилі органічно взаємопов'язана між собою, ми всі ці тематичні розділи об'єднуємо в один змістовий модуль. В результаті отримуємо наступні змістові модулі, що відповідають тематичним розділам електромагнетизму:

- *Змістовий модуль 1* – Електричне поле нерухомих електрично заряджених частинок (розділ 1 електромагнетизму).
- *Змістовий модуль 2* – Стаціонарне електричне поле. Постійний електричний струм (розділ 2 електромагнетизму).
- *Змістовий модуль 3* – Магнітне поле (розділ 3 електромагнетизму).
- *Змістовий модуль 4* – Електромагнітна індукція. Електромагнітне поле. Електромагнітні коливання. Електромагнітні хвилі (розділ 4 електромагнетизму).

Вже у заголовках змістових модулів прослідкується націленість на опанування студентами основних тем електромагнетизму на рівні їх польового трактування.

Найбільш тематично наповненим є змістовий модуль 4 (розділ 4 електромагнетизму), до якого входять: „Електромагнітна індукція. Електромагнітне поле" (підрозділ 4.1); „Квазістаціонарні струми і електромагнітні коливання. Закони змінного електричного струму" (підрозділ 4.2); „Електромагнітні хвилі" (підрозділ 4.3). Вмістити такий великий обсяг навчального матеріалу в межах одного змістового модуля вдалось, не в останню чергу, завдяки тому, що частину тем підрозділу 4.2 студенти більш ретельно вивчають пізніше у рамках „Електротехніки". Тому при вивченні цих тем ми розкриваємо тільки їх основний фізичний зміст.

Орієнтовне наповнення змістових модулів приведено у таблицях.

***ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1*.** **Розділ 1. Електричне поле нерухомих електрично заряджених частинок**			
Тематика лекцій	К-ть год.	Теми практичних занять	К-ть год.
Підрозділ 1.1. Електричне поле нерухомих електрично заряджених частинок у вакуумі			
1. Електричний заряд. 2. Закон Кулона. 3. Електричне поле. Напруженість електричного поля.	2	1. Закон Кулона. 2. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції. 3. Принцип суперпозиції для рівномірно заряджених тіл	2 2 1
4. Теорема Гауса-Остроградського та її використання.	2	4. Використання теореми Гаусса-Остроградського.	1
5. Енергетичні характеристики і потенціальність електростатичного поля.	4	5. Робота сил електростатичного поля. Потенціал. Різниця потенціалів. Зв'язок напруженості та потенціалу електричного поля.	2
Підрозділ 1.2. Електричне поле в діелектриках. Провідники в електричному полі. Енергія електростатичного поля			
6. Електричне поле електричного диполя.	2	6. Напруженість і потенціал електричного поля електричного диполя. Взаємодія диполів.	1
8. Електричне поле в діелектриках. 9. Провідники в електричному полі. 10. Енергія електростатичного поля.	2 2	7. Електричне поле в діелектриках 8. Провідники в електричному полі. Метод електростатичного зображення. 9. Конденсатори. Енергія електростатичного поля.	1 2 2
Всього за модуль 1: лекцій – 14 год., практичних – 14 год., лабораторних – 4 год., самостійна робота – 32 год., *разом – 64 год*.			

***ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2*.** **Розділ 2. Стаціонарне електричне поле. Постійний електричний струм**			
Тематика лекцій	К-ть год.	Теми практичних занять	К-ть год.
Підрозділ 2.1. Стаціонарне електричне поле. Закони постійного електричного струму			
11. Стаціонарне електричне поле.	1	10. Послідовне і паралельне з'єднання провідників. Закон Ома для неоднорідної ділянки і повного кола.	2
12. Закон Ома. Правила Кірхгофа.	2	11. Правила Кірхгофа та їх застосування. Міст Уїнстона. 12. Метод еквіпотенціальних вузлів для	2 2

		резисторів та конденсаторів. Нескінчені електричні схеми.	
13. Робота і потужність постійного струму.	1	13. Робота і потужність постійного струму.	2
Підрозділ 2.2. Електричний струм у різних середовищах			
14. Електричний струм у металах 15. Поняття про зонну теорію електропровідності твердих тіл. 16. Контактні явища.	2	14. Залежність опору металів від температури. Робота виходу електрона з металу. Контактна різниця потенціалів.	2
17. Електричний струм у вакуумі. 18. Електр. струм в електролітах. 19. Електричний струм в газах.	2	15. Рух заряджених частинок в ел. полі конденсатора (в електронно-променевій трубці). 16. Ел. струм в електролітах і газах.	1 1
		17. Контрольна робота з тем змістових модулів 1 та 2.	2
Всього за модуль 2: лекцій – 8 год., практичних – 14 год., лабораторних – 12год., самостійна робота – 29 год., *разом – 63 год*.			

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛ 3. **Розділ 3. Магнітне поле**			
Тематика лекцій	К-ть год.	Теми практичних занять	К-ть год.
Підрозділ 3.1. Магнітне поле постійного електричного струму і рухомих електрично заряджених частинок у вакуумі			
21. Індукція магнітного поля. 22. Магнітне поле постійного електричного струму у вакуумі.	2	18. Магнітне поле прямого провідника зі струмом. Принцип суперпозиції для індукції магнітного поля. 19. Магнітне поле кільця і соленоїда зі струмом.	2 1
23. Потік і циркуляція вектора індукції магнітного поля.	2		
24. Сила Ампера та її використання. 25. Сила Лоренца та її використання.	3	20. Сила Ампера. Взаємодія провідників зі струмом. 21. Магнітна складова сили Лоренца. 22. Рух електрично заряджених частинок у магнітному та електр. полях.	1 2 2
26. Магнітне поле рухомої зарядженої частинки. Взаємодія рухомих заряджених частинок. Відносний характер електр. і магн. полів.	1		
Підрозділ 3.2. Магнітне поле у речовині			
27. Магнітне поле атома. 28. Природа магнетиків.	2		

29. Намагнічування речовини. 30. Умови для магнітного поля на границі розділу двох магнетиків.	2	23. Зв'язок індукції і напруженості магнітного поля в магнетиках. Використання закону повного струму для розрахунку магнітних кіл.	2
Всього за модуль 3: лекцій – 12 год., практичних – 10 год., лабораторних – 8 год., самостійна робота – 32 год., *разом – 62 год.*			

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. **Розділ 4. Електромагнітна індукція. Електромагнітне поле. Електромагнітні коливання. Електромагнітні хвилі**			
Тематика лекцій	К-ть год	Теми практичних занять	К-ть год.
Підрозділ 4.1. Електромагнітна індукція. Електромагнітне поле			
31. Індукування електричного поля при взаємному русі провідника і магнітного поля. 32. Індукування вихрового електричного поля змінним магн. полем – перше рівняння Максвелла.	2	24. Закон електромагнітної індукції. Вихрове електричне поле. 25. ЕРС індукції на кінцях провідника, що рухається у магнітному полі. Напруженість індукованого електр. поля.	2 1
33. Явище самоіндукції та взаємоіндукції. Енергія магн. поля. 34. Повна система рівнянь Максвелла-Лоренца. Електромагнітне поле.	2	26. Явище самоіндукції. Індуктивність. Енергія магнітного поля.	1
Підрозділ 4.2. Квазістаціонарні струми і електромагнітні коливання. Закони змінного електричного струму			
36. Квазістаціонарний струм. 37. Власні електромагнітні (електричні) коливання.	2	27. Власні незатухаючі та затухаючі електромагнітні (електричні) коливання.	2
39. Вимушені електромагнітні (електричні) коливання. Закони змінного електричного струму.	4	28. Вимушені електромагнітні (електричні) коливання. Закони змінного електричного струму.	2
Підрозділ 4.3. Електромагнітні хвилі			
41. Природа ел.магнітних хвиль. 42. Енергія та імпульс електромагнітної хвилі.	2		
43. Випромінювання електромагнітних хвиль. 44. Шкала ел.магнітних хвиль. 45. Вклад електромагнетизму у розвиток наукової картини світу.	2	29. Контрольна робота з тем змістових модулів 3 та 4.	2
Всього за модуль 4: лекцій – 14 год., практичних – 10 год., лабораторних – 8 год., самостійна робота – 31 год., *разом – 63 год.*			

При такому розподілі навчального матеріалу за змістовими модулями, які відповідають тематичним розділам електромагнетизму, на кожен із мо-

дулів приходиться дещо різна кількість лекційних, практичних, лабораторних годин, але їх сума у кожному модулі практично однакова. На самостійну роботу студентів у кожному змістовому модулі виділено приблизно однакову кількість годин. Ми уникаємо штучного розбиття на змістові модулі із повністю однаковою кількістю лекційних, практичних, лабораторних годин у кожному модулі, тому що останнє не відповідає реальному тематичному наповненню різних розділів „Електромагнетизму”.

Основною проблемою впровадження кредитно-модульної системи на сьогоднішній день є те, що у навантаженні викладачів не передбачено достатньої кількості годин (або вони взагалі відсутні) для перевірки самостійної роботи студентів, частка якої сягає майже половини від їх загального навантаження.

Література:

1. Галузевий стандарт вищої освіти. Освітньо-професійна програма бакалавра за спеціальністю 6.010100 Педагогіка і методика середньої освіти Фізика. Напрям підготовки 0101 Педагогічна освіта.: Міністерство освіти і науки України. – Київ, 2002.
2. Загальна фізика. Програма навчальної дисципліни для студентів вищих педагогічних закладів освіти/ М.І. Шут, І.Т. Горбачук, В.П. Сергієнко. – К.: НПУ, 2005. – 48 с.
3. Кремень В.Г., Степко М.Ф. та ін. Основні засади розвитку вищої освіти України в контексті Болонського процесу (документи і матеріали 2003 – 2004 рр.). – Тернопіль: Видавництво ТДПУ ім. Гнатюка, 2004. – 200 с.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3. Электричество. Учебн. пособие для студентов физических спец. вузов. – М.: Наука, 1977. – 688 с.
5. Калашников Г.С. Электричество: Учебное пособие. 5-е узд., испр. и доп. – М.: Наука, 1985. – 576 с.
6. Фейнман Р., Лейтон Р, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т.6. Электродинамика. – М.: Мир, 1977. – 347 с.
7. Парселл Э. Электричество и магнетизм. (Берклеевский курс физики). Пер. с англ. под ред. А.И. Шальникова и А.О. Вайсенберга. – М.: Наука, 1983. – 415 с.
8. Матвеев А.И. Электричество и магнетизм: Учебное пособие – М.: Высшая школа, 1983. – 463 с.
9. Савельев И.В. Курс общей физики: Учебн. пособие. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1988.– 496 с.
10. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.2. Електрика і магнетизм: Навч. посібн. – К.: Техніка, 2001. – 452 с.
11. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. 4-ое изд., испр. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 320 с.
12. Січкар Т.Г. Електрика і магнетизм. Модуль №1: Електростатика. Навч. посіб. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2004. – 109 с.

КВАНТОНЫ КАК ОБЪЕКТЫ ПОЗНАНИЯ И «ВЕЩИ В СЕБЕ» (НЕКОТОРЫЕ ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ)

А.Т. Проказа
г. Луганск, Луганский национальный педагогический университет имени Тараса Шевченко

Ощущение тайны – наиболее прекрасное из доступных нам переживаний. Именно это чувство стоит у колыбели истинного искусства и науки

А. Эйнштейн

2005 год объявлен в Украине годом физики. Это дает повод «оглянуться назад» и поразмышлять «в стиле ретро», но с позиций современных достижений физики. Современная физика является теоретической основой научно-технического прогресса.

105 лет назад ни сам Макс фон Планк, ни другие выдающиеся физики не осознавали глубокого значения понятия «квант» (порция энергии при дискретном ее изменении). Для Планка квант был всего лишь средством, позволившим «угадать», какой должна быть формула, дающая удовлетворительное согласие с экспериментальной кривой излучения абсолютно черного тела. В 1919 году Планк был удостоен Нобелевской премии по физике «в знак признания его заслуг в деле развития физики благодаря открытию квантов энергии». Оценивая значение открытия Планка, Альберт Эйнштейн писал: «Это открытие стало основой для всех исследований в физике XX века и с этого времени почти полностью обусловило ее развитие». За четверть века начала двадцатого столетия квантовая теория была создана. Но отношение к ней великих ученых не было однозначным. «Послушаем» их через годы прошедшего двадцатого века.

1913 год. А. Эйнштейн: «Если это правильно, то это означает конец физики как науки».

1920 год. Х. Крамерс: «Теория квантов подобна другим победам в науке: месяцами вы улыбаетесь им, а затем годами плачете».

1920 год. В. Гейзенберг: «Пусть это и безумие, но в нем есть метод».

1923 год. Х. Лоренц: «Все это красиво и крайне важно, но, к сожалению, не очень понятно».

1925 год. В. Паули: «Физика снова зашла в тупик, во всяком случае для меня она слишком трудна, и я предпочел бы быть комиком в кино или кем-нибудь вроде этого и не слышать ничего о физике».

1926 год. А. Эйнштейн: «К квантовой механике я отношусь восторженно-недоверчиво».

1928 год. А. Эйнштейн: «Философия успокоения Гейзенберга-Бора (или религия?) так тонко придумана, что предоставляет верующему до поры до времени мягкую подушку, с которой его не так легко спугнуть. Пусть спит».

1944 год. А. Эйнштейн: «Большой первоначальный успех квантовой теории не может заставить меня поверить в лежащую в основе всего игру в кости. Бог не играет в кости» – эту фразу он повторял неоднократно до конца своей жизни.

1951 год. А. Эйнштейн (за четыре года до своей кончины): «Все эти пятьдесят лет бесконечных размышлений ни на йоту не приблизили меня к ответу на вопрос: что же такое кванты света? В наши дни любой мальчишка воображает, что это ему известно. Но он глубоко ошибается…».

Вот ситуация, которая наводит на размышления. Идея гармонии мира и его красоты послужила мощным стимулом для научных поисков и теоретических исследований Эйнштейна. Своими работами он неизмеримо расширил и углубил эту гармонию. Но в какой-то период его научного творчества страстная приверженность этой гармонии помешала учёному воспринять новые идеи в квантовой физике на уровне убеждений.

Современная квантовая механика – это физико-математическая теория, которая даёт схему вычислений физически измеримых характеристик атомных явлений. Вместе с тем наука призвана дать нам и правдоподобную картину мира. Сделать это только с формулами и числами не представляется возможным. Необходимо создать ещё и образы объектов (в том числе и квантонов), а также понятия, им соответствующие. Особенно важно это для тех, кто не знает и не понимает формул квантовой механики. Для таких познающих субъектов язык образов и понятий – единственный способ иметь научные представления о реальности. А какова же эта реальность?

В 1902-1904 г.г. У. Томсон (лорд Кельвин) развивал теорию «вихревого атома». Согласно этой теории атом-«кекс» мог принимать различные формы. Как доказывал Кельвин, атомы подобны кольцам дыма, выпускаемых опытным курильщиком.

В 1905 году ректор Мюнхенского университета Фердинанд Линдеман придерживался оригинальной точки зрения, утверждая, что атом кислорода имеет форму кольца, а атом серы – форму лепёшки.

Абсолютное большинство физиков придерживалось планетарной модели атома, а после научных исследований Резерфорда и Бора эта модель стала общепринятой. И никто даже не вспоминает о теории «вихревого атома» Кельвина и о «кольцах-лепёшках» Линдемана. А зря!

Объёмные изображения атома водорода в различных состояниях возбуждения с определёнными квантовыми числами, построенные по функциям плотности электронного облака, вычисленным с помощью уравнения Шрёдингера, дают именно такие причудливые формы орбиталей, напоминающие образы атомов Кельвина и Линдемана! Реальность такова, что об-

раз атома представляется различными формами: сфера, гантель, тор, тор со сферой внутри, тор с двумя сферами, тор с гантелью и т.п.! Форма возбуждённых атомов отличается от сферической тем больше, чем сильнее атом возбуждён. Возбуждая атом, мы затрачиваем энергию на перестройку «электронного облака». Оно может принимать различные конкретные формы в зависимости от строго определённых порций затраченной энергии.

Формы «электронных облаков» в сложных атомах в целом не очень отличаются от форм, рассчитанных для атома водорода. Но рассчитать эти формы не так-то просто. Это удалось только после работ Владимира Александровича Фока и Дугласа Хартри. Задача Хартри-Фока очень сложна и может быть решена только с помощью мощных вычислительных машин.

Всё это относится к исследованиям «электронного облака» в атоме. А ядро? Вот общепринятая точка зрения: ядро атома состоит из нуклонов, которые бывают в двух состояниях – протоны и нейтроны. Однако давайте применим принцип неопределённостей Гейзенберга, например, к протону в ядре, размер которого порядка одного ферми. Тогда неопределённость положения протона должна быть меньше этой величины. Если это так, то в соответствии с соотношением неопределённостей неточность протона в ядре соизмерима со скоростью света, что, естественно, абсурдно: неточность в оценке скорости больше самой скорости? И обратно, если принять неопределённость скорости протона в «разумных пределах», тогда неопределённость его положения в ядре выходит «за рамки разумного»? Напрашивается эвристический вывод: нуклонная структура ядра в явном виде «не просматривается». Таким образом ядро – это своеобразная «вещь в себе», если следовать терминологии И. Канта.

Протонно-нейтронная модель ядра приемлема, что проявляется во многих опытах и используется в теориях. Можно принять эвристическую точку зрения: протонно-нейтронная структура ядра имеет место только потенциально, а актуально проявляется только при определённых взаимодействиях.

Аналогичным образом принцип неопределённостей Гейзенберга «запретил» электрону в атоме иметь определённую траекторию движения.

В самом деле, поскольку размеры атома порядка одного ангстрема, то желательно неопределённость положения электрона в атоме иметь на порядок меньше. Оценим «потерю информации» об этом электроне. Для него $h/2\pi m$=0,0001158 м^2/с, тогда $\Delta x \cdot \Delta v \geq$0,0001158 м^2/с. При $\Delta x=10^{-11}$ м имеем $\Delta v \geq 1{,}16 \cdot 10^7$ м/с, что совершенно бессмысленно, так как неопределённость скорости на порядок больше самой скорости электрона в атоме. Если всё-таки попытаться взять скорость в разумных пределах, тогда мы потеряем информацию о месте, где он находится. Следовательно, понятие траектории электрона в атоме лишено физического смысла. Таким образом, электрон в атоме – это квантон, который проявляется достаточно необычно, своеобразно.

Каково «поведение» электрона? Оно полностью предопределяется фи-

зическими условиями, в которых он находится, и его внутренними физическими свойствами: инертностью, заряженностью и спиральностью. Мерами этих свойств являются физические величины: масса, заряд и спин. Физические свойства, с нашей точки зрения, таинственные, и в этом смысле электрон-квантон – это «вещь в себе». А физические величины совершенно конкретны и определённы, и в этом смысле электрон – познаваемая физическая реальность.

В самом деле, чем принципиально отличаются заряженности электрона и позитрона? Что такое особенное есть в их внутренней структуре, что в экспериментах проявляется наличие как отрицательного, так и положительного зарядов? Мы считаем, что ответы на эти вопросы невозможно получить принципиально.

А теперь ещё раз обратимся к цитате А. Эйнштейна, к той её части, где сказано: «Все эти 50 лет бесконечных размышлений ни на йоту не приблизили меня к ответу на вопрос: что же такое кванты света?..». Не парадоксально ли, что автор фотонной теории фотоэффекта, удостоенный за это Нобелевской премии, искренне признаётся в своём непонимании, что же такое фотон? Причём признаётся после открытия и создания теории эффекта Комптона, за что последний тоже получил Нобелевскую премию 1927 года. Это считается прямым доказательством существования фотона! Так считал и один из создателей квантовой теории Луи де Бройль. Тот самый де Бройль, о диссертации которого его научный руководитель Поль Ланжевен писал Эйнштейну: «Идеи диссертанта, конечно, вздорны, но развиты с таким изяществом и блеском, что я принял диссертацию к защите». Итак, Луи де Бройль: «Теория Комптона-Дебая так просто и изящно объяснила наиболее существенные особенности комптоновского рассеяния, что сразу стала ещё одним блестящим доказательством справедливости фотонной теории света» [1, 98]. Так-то оно так, но эта теория, как и теория фотоэффекта, не ответила на вопрос: что же такое фотон? Читаем дальше того же Луи де Бройля: «Что касается квантовой теории, то о ней, я полагаю, читатель имеет более смутное представление. Правда, это и простительно, ведь кванты довольно загадочная вещь. Что касается меня, то я начал заниматься квантами, когда мне было около двадцати лет, и продолжаю изучать их в течение четверти века. И всё же я должен честно признаться, что если за всё это время я и добился несколько более глубокого понимания некоторых сторон этого вопроса, то я не могу ещё с полной уверенностью сказать, что таится под маской, скрывающей подлинное лицо квантов». И далее: «Сказанного здесь уже достаточно, чтобы показать читателю, как глубока и интересна квантовая теория… Именно поэтому квантовая физика представляет интерес не только для специалистов, она заслуживает внимание каждого культурного человека» [1, 13].

После создания квантовой теории, в состав которой вошёл принцип неопределённостей Гейзенберга-Бора (1927 год), физическое содержание по-

нятия «фотон» изменилось существенным образом.

Фотон характеризуется энергией $E=h\nu$ и импульсом $p=h/\lambda$, т.е. для данного фотона его импульс строго определённая величина, так как h, ν, c – конкретны. Однако, если частица характеризуется определённым значением импульса, то имеет место полная неопределённость её локализации в пространстве. Отсюда следует, что никакого пространственного деления электромагнитной волны на фотоны нет и быть не может.

Вместе с тем электромагнитная волна может иметь не произвольный, а строго определённый (дискретный) ряд значений энергии, причём минимальная порция этой энергии $\Delta E=h\nu$. Чем больше частота излучения, тем эта порция больше. При взаимодействии электромагнитной волны с электронами вещества её энергия изменяется «порционно». Эту реальную физическую ситуацию можно представить в виде модели взаимодействия фотона, имеющего энергию $h\nu$ с покоящимся электроном, так как его скорость значительно меньше скорости фотона. Именно в этом и состоит физический смысл понятия «фотон». Фразы «поглощение» и «испускание» фотона означают, что энергия волны увеличивается или уменьшается на конкретную определённую величину.

Так как нет пространственного деления волны на фотоны, то фотон не есть частица в обычном понимании, как например, свободные электрон или протон. Это означает, что фотон – квазичастица. Его физическое содержание состоит в том, что он представляет собой возбуждённое состояние электромагнитного поля: фотон – квант этого поля, проявляющийся при взаимодействиях.

Квазичастица-фотон представляет собой «наглядный» модельный образ и удобный метод исследования возбуждённых состояний сложных систем. Сложная задача о взаимодействии электронов вещества с имеющим дискретные уровни полем сводится к задаче о «соударении» частиц на основе законов сохранения. Реально электрон взаимодействует не с какой-то частицей (какой вообще нет), а с электромагнитным полем всей волны. Чрезвычайно сложное это взаимодействие сводится в модели к относительно простому взаимодействию частиц. Однако мы видим, что это достаточно сложная простота.

Теперь посмотрим на электромагнитную волну, вернее на её «картинку» с другой эвристической точки зрения. В теоретической физике утверждается, что в плоской электромагнитной волне имеются взаимосвязанные волны напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля. При этом изменения векторов, характеризующих эти поля, происходят синфазно. Мгновенная плотность энергии электромагнитного поля периодически во времени и пространстве может принимать нулевые и максимальные значения. Этим допускается невыполнение закона сохранения энергии поля. Успокоительным фактом является то, что закон сохранения энергии выполняется в среднем, т.е. за период. Однако такая позиция была в своё время

признана несостоятельной [2]. А в фундаментальном труде по теоретической физике [3] проблема фазовых соотношений между векторами напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля вообще не обсуждается.

Мы не видим, что же «мешает» считать ненулевой разность фаз между вышеупомянутыми векторами, а считать её равной $\pi/2$. Тогда эти векторы будут со временем изменяться так, что плотность энергии поля волны окажется сохраняющейся. При этом наше научное сознание не будет испытывать дискомфорта. Это гармонически будет согласовано с распределением энергии в бегущей электромагнитной волне, где имеет место закон превращения энергии электрического поля в энергию магнитного поля и наоборот при сохранении полной энергии электромагнитного поля волны.

При таком подходе ещё в большей степени затрудняется пространственное деление электромагнитной волны на фотоны.

Квазичастица-фотон движется только со скоростью c в вакууме. Это означает, что фотон – это принципиально релятивистский объект. Энергия фотона и его импульс выражаются формулами, в которые входит постоянная Планка как своеобразная «метка» квантовых объектов. Таким образом фотон – принципиально квантовый объект.

В отличие от фотона, электрон может рассматриваться как в нерелятивистском, так и в неквантовом, т.е. в классическом приближении. Исходя из этого, фотон – квант поля, а электрон – настоящая, «порядочная и честная» частица.

Однако в ультрарелятивистском приближении энергия электрона $E=pc$, т.е. такая же, как и у фотона. Это означает, что в этом случае «стирается» различие между полевыми частицами и частицами вещества. При $E=m_0c^2$ энергетически не запрещено рождение частиц вещества из поля и превращение «вещественных» частиц в полевые. Всё это блестяще подтверждено экспериментально.

При анализе сильных взаимодействий соотношение неопределённостей в энергетической форме для ультрарелятивистского случая даёт интересный результат: $\Delta p \Delta t' \geq \hbar/c$. Это означает, что в этом случае нельзя детально рассматривать взаимодействие частиц. Малая продолжительность акта взаимодействия порождает невозможность «следить» за импульсами взаимодействующих частиц. Отказ от понятия взаимодействия лишает смысла вопрос о существовании «составных» и истинно элементарных частиц, так как составную частицу невозможно построить без рассмотрения взаимодействий. В результате в рамках релятивистских квантовых представлений все частицы выступают как «равноправные». В такой системе, как протон-электрон (атом водорода), отношение энергии связи к собственной энергии электрона порядка 10^{-5}, и о связанном электроне имеет смысл говорить как о самостоятельном объекте. А вот для протон-пионной системы, которая живёт 10^{-23} секунды, отношение энергии связи к собственной энергии пиона по-

рядка единицы. Таким образом система «протон-пион» (это один из резонансов) в такой же степени элементарна, как и протон и пион, отдельно взятые.

Некоторые другие эвристические точки зрения рассматривались нами ранее и докладывались на международной научно-практической конференции [4].

Итоги. Кванты представляют собой субстанции, т.е. первичные «кирпичики мироздания». Они обладают соответствующими атрибутами, которые постулируются на основе их внешних проявлений. Объяснение наличия этих внутренних свойств принципиально невозможно. Мы принципиально не можем объяснить, чем же объясняются «внутренности», например, электрона и позитрона, что их заряды проявляются как отрицательные и положительные, т.е. разные. Мы уже добрались до первооснов материи и дальнейшее продвижение «вглубь» стало невозможным. Таким образом, И. Кант был прав, утверждая наличие «вещей в себе», и критику Ленина в этом отношении следует признать несостоятельной. Вместе с тем слова Ленина о том, что «Электрон также неисчерпаем, как и атом …», необходимо признать в отношении внешних проявлений, но не «внутренней начинки» электрона.

Инертность, заряженность и спиральность квантонов дают основания считать, что квантоны – «вещи в себе». А масса, заряд и спин, как внешнее проявление внутренних свойств квантонов – это конкретные, строго определённые меры этих свойств. И в этом смысле квантоны – объекты познания.

Вот ещё одна эвристическая точка зрения. Если заряд и спин лоренц-инвариантные величины, то и масса должна быть лоренц-инвариантной величиной. Однако в современной физике имеет место масса «недоразумений» с массой [5–7], но эту проблему мы пока обсуждать не будем.

Нам представляются оригинальными и такие точки зрения на развитие современной физики:

– пространственно-временной континуум является лишь ареной проявления частиц и полей, которые «чужие» для геометрии. Их необходимо было бы добавить к геометрии, чтобы стало возможным вообще вести разговор о физике;

– в мире нет ничего, кроме пустого искривлённого пространства: материя, заряд, электромагнитное поле и другие поля являются только проявлением искривлённого пространства. Физика есть геометрия. [8, 218].

Литература:

1. де Бройль Луи. Революция в физике (Новая физика и кванты). – М.: Атомиздат, 1965.

2. Джеммер М. Эволюция понятий квантовой механики. – М.: Наука, 1985.

3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. – М.: Наука, 1967.

4. Проказа А.Т., Беляев Б.В., Певный Е.М. О содержании учебного материала по физике на основе оптимистического прогнозирования // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського державного університету. – Кам'янець-Подільський, 2003. – С. 40-41.

5. Храпко Р.И. Что есть масса? // Успехи физических наук. – 2000. – Т. 170, №12. – С. 1363–1366.

6. Окунь Л.Б. О письме Р.И. Храпко «Что есть масса?» // Успехи физических наук. – 2000. – Т. 170, № 12. – С. 1366-1371.

7. Смульский И.И. Электромагнитное и гравитационное воздействие. – Новосибирск: Наука, 1994.

8. Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. – М.: Наука, 1962.

КВАНТОВО-МЕХАНІЧНІ ЯВИЩА З ТОЧКИ ЗОРУ УЯВЛЕНЬ КОЛИВНОГО РУХУ МАТЕРІЇ

Б.А. Сусь[1], М.І. Шут[2]
[1] м. Київ, Національний технічний університет України "КПІ"
[2] м. Київ, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Постановка проблеми. Квантова механіка вивчає рух мікрочастинок, які за гіпотезою де Бройля, що стала переконливою реальністю, будучи частинками, мають хвильові властивості. Формула для довжини хвилі де Бройля λ_D, як хвильового параметра, включає в себе також корпускулярний параметр – імпульс $p=m\upsilon$:

$$\lambda_D = \frac{h}{p}.$$

Квантова механіка з великою точністю описує рух мікрочастинок, зокрема стан електронів в атомах, однак питання двоїстості їх природи – що це і частинки і хвилі одночасно – не дається для розуміння, оскільки таке трактування містить у собі суперечність – частинка локалізована, а хвиля – явище просторове, що дуже важко узгодити. Однак ця суперечність усувається, якщо рух мікрочастинки розглядати з точки зору квантово-коливної природи матерії [1]. Прикладом поєднаності хвильових і корпускулярних властивостей матерії є елементарна частинка світла – фотон.

Розгляд проблеми. В роботі [2] висловлено припущення, що світло являє собою потік фотонів, які перебувають в коливальному русі типу енергія–маса–енергія–маса–... у відповідності з формулою

$$\Delta W=c^2\cdot\Delta m.$$

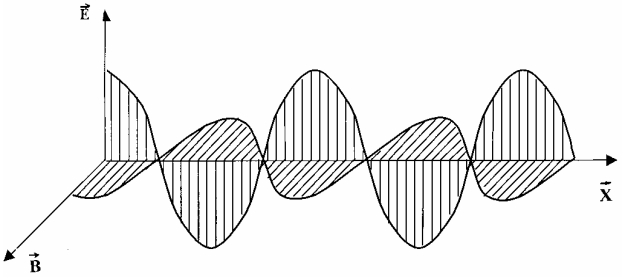
Тобто, фотон – це частинка, в якій відбувається неперервний коливний процес еквівалентного переходу енергії електричного і магнітного полів у масу і навпаки – маси в енергію фотона. Причому, вся маса фотона тут динамічна (релятивістська), оскільки маси спокою фотон не має.

На рис. 1 показані зміни напруженостей електричного E і магнітного H полів електромагнітної хвилі (графік *а*) і відповідні їм зміни (в якісному представленні) маси m (графік *б*). Електричне і магнітне поля мають енергію, тому при зменшенні E і H зменшується енергія цих полів і для виконання закону збереження енергії зменшення енергії повинно супроводжуватись еквівалентним зростанням маси. Аналогічні зміни відбуваються при зростанні E і H.

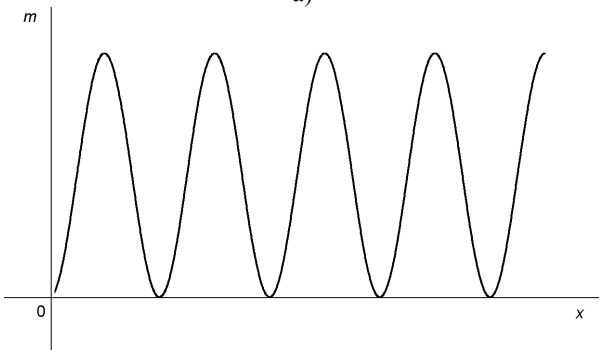
За аналогією до світла "хвилю де Бройля" також можна розглядати як рух частинки, що перебуває у коливному стані, який являє собою процес періодичного переходу маси частинки в енергію і навпаки. Однак важливо зазначити, що у випадку з фотоном змінюється вся його маса, тут перетворення відбуваються лише з динамічною складовою маси (рис. 2), тобто тією

еквівалентною масою $\Delta m = m_o - m$, яка з'являється при зростанні швидкості:

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}}$$



а)



б)

Рис. 1

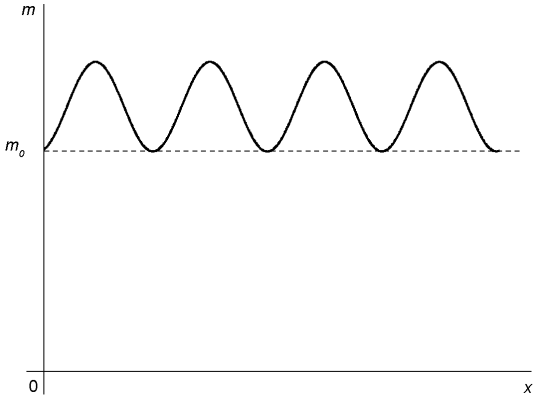


Рис. 2

Коливний процес починається при прискоренні мікрочастинки, коли зростає її швидкість і, відповідно, маса. Оскільки в подальшому зміна маси має коливний характер, то цей коливний процес при русі частинки описується хвильовим рівнянням. Таким є рівняння Шредінгера. Розв'язок рівняння Шредінгера дає можливість знайти деяку хвильову функцію ψ, квадрат модуля якої визначає імовірність знайти частинку в тому чи іншому місці або стані. Логічно, що імовірність знайти частинку має бути більшою там, де маса частинки в процесі коливання є більшою.

З точки зору «хвильових властивостей» мікрочастинок, можна тлумачити також співвідношення невизначеностей Гейзенберга, яке є важливим принципом квантової механіки. Сіввідношення невизначеностей означає неможливість одночасного точного знання імпульса частинки і її координати, тобто існування невизначеності Δx і Δp_x:

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar.$$

Така невизначеність випливає із самого стану мікрочастинки.

Оскільки мікрочастинка перебуває в коливному стані, при якому неперервно змінюється її маса, то відповідно змінюється також імпульс частинки. Імпульс частинки виражається як масою спокою m_o, так і змінною складовою Δm. Якщо вважати, що зміна імпульсу відбувається за гармонічним законом? то якісно залежність $p(t)$ має вигляд, представлений на рис. 3.

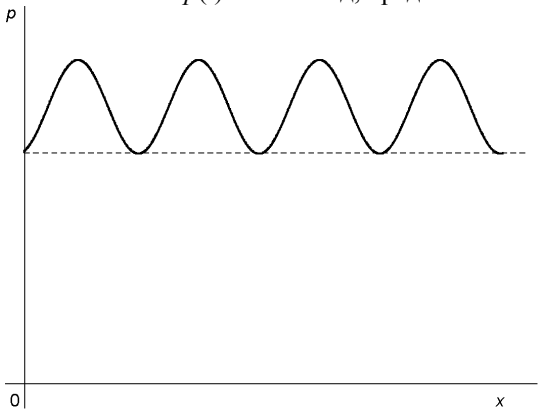


Рис. 3

В даному випадку ми розглядаємо невизначеність складової імпульсу p_x. Однак імпульс частинки орієнтований довільно і ми не знаємо його орієнтації, тому змушені невизначеність Δp_x прийняти рівною величині імпульсу p:

$$\Delta p_x = p. \qquad (1)$$

Проте брати $\Delta p_x = p$ не зовсім коректно, оскільки вектор $\vec{p}$ орієнтований довільно і статистично 1/3 випадків довільних орієнтацій припадає на

напрямок x. Тому замість (1) можемо записати, що

$$\Delta p_x = p/3. \tag{2}$$

Невизначеність **положення** частинки також має цілком виразний фізичний характер. Дійсно, оскільки при русі частинки відбувається коливання маси (а саме масою визначається наявність самої частинки, тобто її речовинність), то ця змінна маса розосереджена на довжині “хвилі” і характер зміни маси цілком визначається половиною довжини хвилі де Бройля (рис. 4).

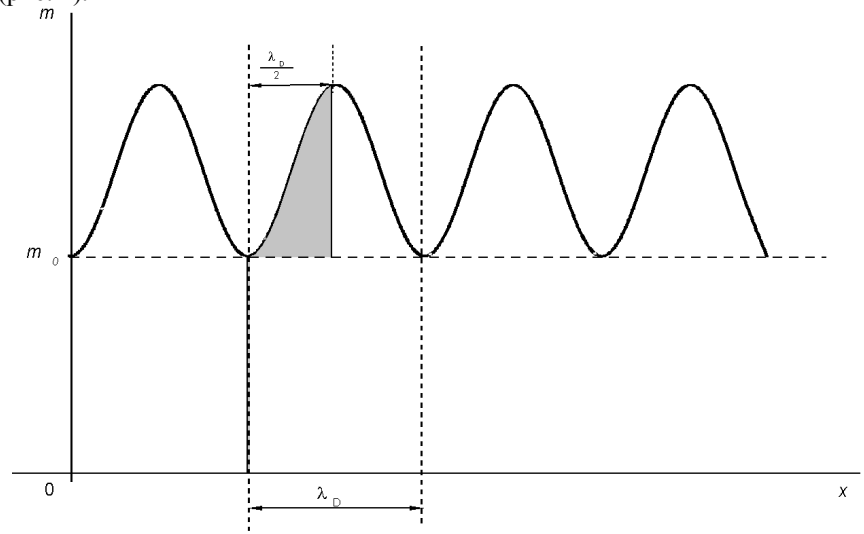


Рис. 4

Тому можемо прийняти, що

$$\Delta x = \frac{\lambda_D}{2}. \tag{3}$$

Перемноживши відповідно ліві і праві частини (2) і (3), отримуємо:

$$\Delta p \cdot \Delta x = \frac{p}{3} \cdot \frac{\lambda_D}{2} = \frac{p\lambda_D}{6}. \tag{4}$$

Оскільки довжина хвилі де Бройля

$$\lambda_D = \frac{h}{p},$$

то (4) матиме вигляд:

$$\Delta p \cdot \Delta x = \frac{p\lambda_D}{6} = \frac{ph}{6p} = \frac{h}{6} = \hbar. \tag{5}$$

Таким чином, виходячи із звичайних фізичних уявлень, в рамках квантово-коливної теорії матерії приходимо до висновку, що одночасне точне

знання координати і імпульсу мікрочастинки обмежується співвідношенням (5). Тому співвідношення невизначеностей Гейзенберга в його традиційному вигляді може бути записане:

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar. \qquad (6)$$

Співвідношення невизначеностей стали темою філософських дискусій і мали різне тлумачення. Одним із таких тлумачень є те, що мікрочастинки ніби мають в кожний даний момент певні координати і імпульси, але співвідношення невизначеностей "забороняють" нам їх узнавати, тобто встановлюють межу пізнання.

Згідно з іншим тлумаченням, зміст співвідношення невизначеностей не в тому, що вони обмежують можливість узнавати точно координати і імпульси (чи інші величини), а в тому, що у мікрочастинок цих точних одночасних значень просто немає. Таким чином, співвідношення невизначеностей обмежують застосування до мікрочастинок понять класичної механіки. Сам Гейзенберг у 1927 р. дійшов висновку, що квантова механіка робить неспроможним закон причинності, який вимагає, щоб на основі точного знання стану системи в даний момент часу, можна було б передбачити стан для будь-якого майбутнього моменту, що цілком можливо в класичній механіці і неможливе в квантовій механіці, оскільки точне знання початкових значень p_x і x для мікрочастинок неможливе.

Розгляд цієї проблеми з точки зору квантово-коливної теорії матерії дає можливість наблизитись до розуміння фізичних процесів, що відбуваються з частинкою в області мікросвіту, де проявляються інші форми руху матерії і які неявно описує квантова механіка.

Висновки. Квантова механіка описує рух мікрочастинок, розглядаючи його як хвильовий процес, у зв'язку з чим виникають суперечності і труднощі в розумінні фізичного змісту такого важливого принципу як співвідношення невизначеностей Гейзенберга. З точки зору квантово-коливної природи матерії співвідношення невизначеностей Гейзенберга набуває конкретного фізичного змісту: точне визначення координати мікрочастинки з точки зору квантової механіки неможливе тому, що воно пов'язане з динамічною (релятивістською) складовою маси частинки, яка перебуває в коливальному стані і її маса розосереджена в часі і просторі.

Література:

1. Сусь Б.А., Заболотний В.Ф., Мисліцька Н.А. Проблемний підхід при вивченні будови атома / Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. – Чернігів: ЧДПУ, 2007. – С. 117–119.

2. Сусь Б.А. Сучасний погляд на проблему двоїстості природи світла // Проблеми інженерно-педагогічної освіти: Збірник наукових праць Української інженерно-педагогічної академії. – Харків: УІПА, 2004. – №7. – С. 133-136.

ПРО ЗМІНУ ДОВЖИНИ ХВИЛІ ФОТОНА В ЕФЕКТІ КОМПТОНА

М.Н. Половина
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет
galdina@ff.dsu.dp.ua

Ефект Комптона, який вивчається в атомній фізиці і квантовій механіці, відноситься до явищ, опис яких можливий тільки на основі квантових уявлень про електромагнітне поле.

В роботі наведено зручний спосіб отримання формули Комптона без використання в релятивістських співвідношеннях множника $(1-v^2/c^2)^{-1/2}$ і недоречного виразу для імпульсу фотона $h\vec{\nu}/c$, як в [1; 2], а також обговорено можливість зменшення довжини хвилі фотона після розсіяння.

При розсіянні рентгенівських фотонів на вільних електронах спостерігається зміна довжини хвилі фотона. Електрон можна вважати вільним коли енергія фотона перевищує енергію взаємодії електрона з ядром. Тобто, фотон повинен бути рентгенівським. Введемо позначення: $\hbar\omega$, $\hbar\vec{k}$ – енергія і імпульс фотона до взаємодії; $\hbar\omega'$, $\hbar\vec{k}'$ – після взаємодії; E, $\vec{p}$ – енергія і імпульс електрона до розсіяння; E', $\vec{p}'$ – після розсіяння. Тут $\hbar=h/2\pi$, де h – стала Планка, $k=2\pi/\lambda$, $k'=2\pi/\lambda'$ – хвильові числа фотона, λ – довжина хвилі фотона, $\omega=2\pi\nu=2\pi c/\lambda$, $\omega=ck$. Будемо вважати, що електрон знаходиться у стані спокою ($\vec{p}=0$). Тоді $E=E_0$, а $E'=E_0+T$, де T – кінетична енергія електрона. Закон збереження енергії можна записати так: $E_0+\hbar\omega=E_0+T+\hbar\omega'$. З закону збереження імпульсу слідує $\hbar\vec{k}=\hbar\vec{k}'+\vec{p}'$ (рис. 1).

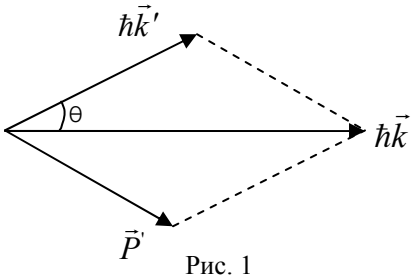


Рис. 1

Система рівнянь має вигляд:

$$\begin{cases}\hbar\omega=\hbar\omega'+T\\ \hbar\vec{k}=\hbar\vec{k}'+\vec{p}'\end{cases}$$

Цю систему можна записати так:

$$\begin{cases}\hbar\omega-\hbar\omega'=T\\ \hbar\vec{k}-\hbar\vec{k}'=\vec{p}'\end{cases}$$

Піднесемо до квадрату останні вирази

$$\begin{cases}\hbar^2\left(\omega^2+\omega'^2-2\omega\omega'\right)=T^2\\ \hbar^2\left(k^2+k'^2-2kk'\cos\theta\right)=p^2\end{cases}$$

Оскільки для фотонів $\omega=ck$, то

$$\begin{cases}k^2+k'^2-2kk'=\dfrac{T^2}{c^2\hbar^2}\\ k^2+k'^2-2kk'\cos\theta=\dfrac{p^2}{\hbar^2}\end{cases}$$

Після віднімання цих рівнянь отримаємо:

$$2kk'(1-\cos\theta)=\frac{c^2p^2-T^2}{c^2\hbar^2}\ .$$

З релятивістського співвідношення між енергією і імпульсом електрона $E^2=c^2p^2+m_o^2c^4$ отримаємо:

$$(E_0+T)^2=c^2p^2+m_0^2c^4\ ,$$

або

$$2E_0T+T^2=c^2p^2,$$

звідки $c^2p^2-T^2=2E_0T$, отже

$$2kk'(1-\cos\theta)=\frac{2E_0T}{c^2\hbar^2}\ .$$

Оскільки $T=\hbar(\omega-\omega')=\hbar c(k-k')$, то маємо

$$2kk'(1-\cos\theta)=\frac{2E_0}{c^2\hbar^2}\hbar c(k-k')\ .$$

Враховуючи вирази для k і k', отримаємо

$$\frac{(2\pi)^2}{\lambda\lambda'}(1-\cos\theta)=\frac{2E_0T}{c^2\hbar^2}\hbar c2\pi\left(\frac{1}{\lambda}-\frac{1}{\lambda'}\right).$$

Звідси слідує формула Комптона

$$\Delta\lambda=\lambda_c(1-\cos\theta),$$

де $\lambda_c=\dfrac{h}{m_0c}=2{,}4\cdot10^{-12}$ (м) – комптонівська довжина хвилі електрона, а $\Delta\lambda=\lambda'-\lambda$.

Оцінимо відносну зміну довжини хвилі для фотона після розсіяння.

1. Для фотона денного світла з $\lambda_1=2\cdot10^{-7}$ м, враховуючи, що $\Delta\lambda$ пропорційна λ_c, отримаємо

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_1}=\frac{2{,}4\cdot10^{-12}}{2\cdot10^{-7}}\approx10^{-5}\ .$$

2. Для рентгенівського кванта $\lambda_2=10^{-10}$ м ($E_2\approx10^4$ еВ).

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_2}=\frac{2{,}4\cdot10^{-12}}{10^{-10}}\approx0{,}024\ .$$

Наведені розрахунки показують, що зміна довжини хвилі фотона незначна, коли енергія фотона значно менше енергії спокою електрона. Лише в цьому випадку можна застосовувати класичний підхід. Якщо ж ця умова не виконується, то спостерігається розсіяння зі зміною довжини хвилі фотона, обґрунтування якого можливо тільки в квантовій теорії. Зауважимо, що окрім $\Delta\lambda>0$ можливо і $\Delta\lambda<0$, якщо до взаємодії електрон рухається з кінетичною енергією T і при взаємодії з фотоном передає йому частину енергії, внаслідок чого збільшується частота фотона і зменшується його довжина хвилі.

В цьому випадку з закону збереження енергії отримаємо:

$$\hbar\omega+T=\hbar\omega'+T'.$$

При $T'-T>0$ маємо $\omega>\omega'$, а $\lambda<\lambda'$, тобто довжина хвилі розсіяного фотона збільшується за рахунок передачі частини енергії фотона електрону. Якщо $T'-T<0$, маємо $\omega<\omega'$, а $\lambda>\lambda'$. В цьому разі після розсіяння збільшується енергія фотона за рахунок зменшення кінетичної енергії електрона, а довжина хвилі зменшується.

Література:

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. – Т. 3. – К.: Техніка, 1999. – 518 с.

2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. – Т. 1. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ АСТРОНОМІЇ В УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ НАВЧАЛЬНО-ВИХОВНОГО ЦЕНТРУ “ПЛАНЕТАРІЙ”

М.Т. Мартинюк, І.А. Ткаченко
м. Умань, Уманський державний педагогічний університет
імені Павла Тичини
igor.tkachenko@rambler.ru

Темпи соціальних і технологічних змін у навколишньому середовищі, прискорене нагромадження інформаційних ресурсів і створення нових засобів навчання, зумовлюють переорієнтацію освіти на підготовку людей високої освіченості і моралі, формування в молоді наукового світогляду, творчих здібностей і здатності до самостійного опанування знаннями та застосовуванням їх на практиці. Відповідні завдання окреслено Національною доктриною розвитку освіти в XXI столітті. Успішне їх виконання передбачає розробку та освоєння нових навчальних програм, удосконалення методів навчання, використання у навчальному процесі новітніх досягнень науки і сучасних педагогічних технологій, зокрема технологій навчання фізики і астрономії.

Аналіз різних підходів до визначення поняття «педагогічна технологія» дає змогу зробити висновок, що означене поняття розглядається багатьма вченими досить неоднозначно. Ми дотримуємося думки, що «технологія» у педагогічній науці має декілька семантичних тлумачень, а саме як раціональний спосіб досягнення свідомо сформульованої освітньої (навчальної, виховної) мети; реалізація системно-діяльнісного та інтегративного підходів до освітнього розвитку особистості; цілеспрямоване використання (у комплексі чи окремо) предметів, прийомів, засобів для підвищення ефективності навчального процесу; система науково обґрунтованих дій активних елементів (учасників) процесу навчання. Відповідно до визначення ознак цього поняття відбувається й систематизація педагогічних технологій, яких налічується понад п’ятдесят. Будь-яка педагогічна технологія відноситься до діяльнісного, процесуального компоненту педагогічної системи і обов’язково спирається на певну психолого-педагогічну концепцію, при цьому вона є засобом реалізації змісту освіти, педагогічних підходів, цілей, принципів і представляє собою сукупність форм і методів, які забезпечують виконання цих завдань [4].

Педагогічні технології в сучасному освітньому просторі можна розглядати також як організаційний чинник, який запускає у дію і направляє у необхідне русло творчі сили носіїв наукових знань і педагогічного досвіду. За таких умов визначення теоретико-методологічних і методичних засад педагогічних технологій, обґрунтування ознак і критеріїв їх гуманістичної спрямованості, умов їх ефективного функціонування в умовах сучасного освіт-

нього простору є актуальними проблемами психолого-педагогічної науки і практики [6]. Тому зростає інтерес науковців до питання ефективності та впровадження традиційних і новітніх технологій у навчальний процес.

На основі узагальнення дидактичних класифікацій технологій навчання, у тому числі фізики, на думку О. Іваницького [2], слід відзначити такі узагальнені класифікаційні ознаки: ступінь циклічності навчального процесу; рівень варіативності; ступінь діагностичності освітніх цілей; трансляційну основу педагогічної взаємодії; типи методичної діяльності вчителя; типи управління пізнавальною діяльністю; напрями *модернізації* традиційної системи навчання; способи формування інваріантів навчальної діяльності. За означенням В. Бикова [1] педагогічна технологія – структура організаційно-часової взаємодії учасників навчально-виховного процесу і сучасної *системи засобів навчання*, яка побудована відповідно до цілей навчання і виховання та обраних методів навчання і виховання. Вводячи таке визначення педагогічної технології, наведемо означення системи засобів навчання. Система засобів навчання – інтегровані засоби навчання, структура яких визначається множиною цілей їх багатоцільової побудови і навчально-виховного використання – підцілей, за якими формуються і використовуються педагогічні технології, що обрані для здійснення даного навчально-виховного процесу. Більш повно реалізувати потенціал природничонаукової освіти дозволяє застосування системи засобів навчання з астрономії у процесі вивчення всіх природничонаукових дисциплін і, зокрема, фізики та астрономії. Здатність сучасних засобів навчання забезпечувати діяльність за декількома структурами передбачає можливість покриття ними широкого спектру навчальних цілей, визначає їх багатоцільове навчальне використання, створює умови для реалізації різноманітних форм організації навчального процесу. Різнодіяльнісне спрямування, можливість багатоструктурної організації комплексів засобів навчання забезпечує з їх боку створення умов для формування поведінки суб’єкта навчання у різноманітних ситуаціях, які пов’язані з прийняттям рішень із широкого спектру ситуацій в тій чи іншій специфічно-предметній галузі, що є однією з важливих цілей навчання і виховання.

Виокремимо значення технологічної складової, яку утворюють моделі технологій навчання, що відбивають обрані у кожному конкретному випадку методи навчання і виховання, засоби навчання, дидактичні стратегії, базові технології організації взаємодії суттєвих складових педагогічної системи. Пошуки шляхів удосконалення навчального процесу з астрономії в сучасній загальноосвітній та у вищих педагогічних школах, інтенсивність якого значно зросла протягом останніх років, показали необхідність запровадження сучасних інноваційних технологій навчання. Передусім інформаційних, що базуються на широкому, науково обґрунтованому використанні сучасних технічних засобів навчання.

З розвитком системи засобів навчання нового покоління з’являються

додаткові техніко-технологічні та дидактичні можливості застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Це зумовлює зручність використання інноваційних технологій та широкі можливості щодо наочності та динамічності викладу матеріалу, активну взаємодію із джерелом інформації. Виникає дедалі більша потреба у створенні системи форм навчальної роботи та відповідних їм програмно-апаратних засобів, які на основі дидактичних принципів забезпечували б цілеспрямоване керування навчально-пізнавальною діяльністю учнів та студентів [7]. За таких умов буде збільшуватися евристична складова навчального процесу з астрономії за рахунок застосування інтерактивних форм занять та мультимедійних засобів навчання, використання телекомунікаційних методів конструювання знань, набуття студентами досвіду електронного спілкування з усім світом у режимі використання глобальної інформаційної мережі Internet.

Астрономія й фізика є фундаментальними природничонауковими дисциплінами, основою формування в учнів сучасної наукової картини світу. На відміну від інших навчальних предметів, навчання астрономії полягає у сприйнятті спеціально-предметних теоретичних і практичних знань, особливо у викладанні сферичної і практичної астрономії. Тому постає проблема реалізації принципу наочності в навчанні астрономії на якісно новому рівні, відповідно до вимог Державного стандарту. Для забезпечення принципу наочності в навчанні астрономії традиційно використовують паперові дидактичні матеріали, слайди, анімації, різноманітні моделі, відеофільми тощо. Такий підхід може здійснюватися лише через систему технічних засобів навчання, відповідно до змісту та мети заняття.

В умовах всезростаючих вимог до навчально-виховного процесу з астрономії, вирішення зазначених завдань стає можливим лише за умови функціонування добре обладнаного кабінету астрономії. Тому, виникає потреба у створенні кабінету (лабораторії) астрономії. Досвід облаштування такої лабораторії сферичної астрономії (навчально-виховний центр «Планетарій» на фізико-математичному факультеті Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини) частково уже висвітлено в науково-педагогічній літературі [3; 5; 8].

Як свідчить аналіз науково-методичних праць провідних фахівців у галузі методики навчання фізики і астрономії, проведення лабораторно-практичних занять з астрономії спричинене певними труднощами. Не вдаючись у деталізацію проблеми про забезпеченість загальноосвітніх закладів наочними посібниками та навчальними приладами і моделями з астрономії, зазначимо, що удосконалення знань, умінь, особливо набуття практичних навиків у студентів пов’язане з розробкою нового та поліпшення наявного навчального обладнання. Основними лабораторно-практичними роботами з різних розділів курсу загальної астрономії є: вивчення видимого зоряного неба; зоряна карта; астрономічні системи координат; визначення географічної широти місця спостереження; блиск і світність зір; визначення хімічного

складу Сонця; класифікація зоряних спектрів; розподіл міжзоряного нейтрального водню в Галактиці та інші [9]. Традиційна методика проведення такого роду занять передбачає, як правило, проведення безпосередніх природних спостережень неозброєним оком, астрономічними інструментами (висотомірами, теодолітами, телескопами тощо), а також ототожнення вигляду зоряного неба з картою та атласом зір з відповідними математичними обрахунками.

У пропонованій нами лабораторії (кабінету) сферичної астрономії наявність системи засобів навчання з астрономії дає можливість забезпечити активність і самостійність учнів у здобуванні астрономічних знань, застосувати комплексний підхід до вивчення окремих тем з розділу сферичної астрономії, візуалізувати спеціально-предметну інформацію. Перш за все, це стосується демонстрації за допомогою відповідних проекторів картини зоряного неба, руху планет, Місяця, Сонця тощо. Більш того, імітаційне середовище дає набагато краще сприйняття реальності за рахунок додаткового введення проекцій основних точок та площин небесної сфери у вигляді проекційних ліній, що в реальних умовах неможливо. Головним структурним компонентом системи засобів навчання у НВЦ «Планетарій» є проектор зоряного неба (1) з відповідними проекторами основних точок і площин небесної сфери: небесного екватора (2), екліптики (3), небесного меридіану (4), математичного горизонту (5), нульового кола схилення (6); механізму відтворення прецесійного руху (7), поворотної платформи (8) (рис. 1).

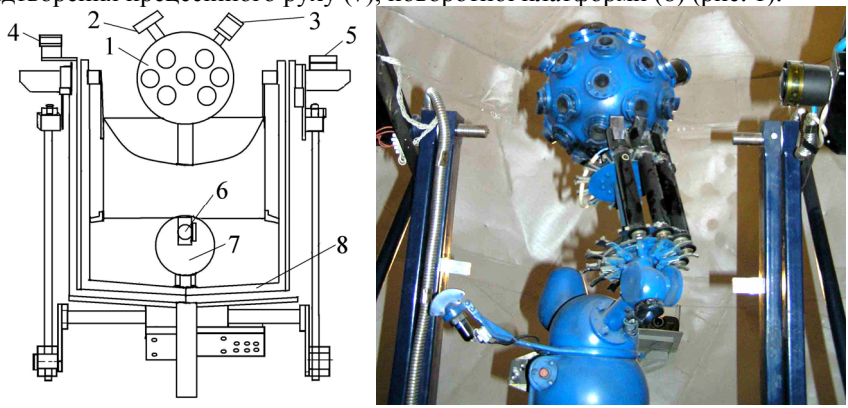


Рис. 1. Астрономічний зоряний проектор

Проектор зоряного неба створює імітаційну картину вигляду зоряного неба. Він призначений для створення картини штучного небосхилу на напівсферичному екрані діаметром 6 м. Складається із проекційної головки сферичної форми, яка містить у собі 31 проектор окремих ділянок зоряного неба, що у спільній роботі створюють цілісну картину зоряного неба північної та південної півкуль небесної сфери. Не відтворюється лише невелика

ділянка (1/32 частина) зоряного неба в районі південного полярного полюсу світу.

Проектори окремих ділянок неба мають спільне джерело світла – лампу розжарювання потужністю 50 Вт з напругою 12 В, що розміщена в центрі проекційної головки. Її яскравість плавно регулюється з дистанційного пульта. Регулювання потужності дає змогу враховувати стан атмосфери на момент спостереження і, відповідно, зменшувати або збільшувати яскравість зір. Астрономічний проектор як механічна система має три обертові степені свободи. Він може обертатися навколо осі добового руху, яка збігається з полярною віссю проектованої зоряної сфери. Для цього використовують привід добового обертання, закріплений на рухомій вилці штатива. Проектор може здійснювати неповний оберт (на 135º) навколо горизонтальної осі широтного руху, що збігається з лінією O-W (рис. 2) проектованої небесної сфери. Апарат може обертатися навколо осі прецесій таким чином, що його вісь добового обертання описує при цьому конус. Для цього служить привід прецесії. Щоб продемонструвати позірний (уявний) рух неба, як наслідок добового обертання Землі навколо своєї осі, потрібно проектор зоряного поля обертати навколо полярної осі в напрямку, протилежному обертанню Землі. Привід добового руху дозволяє здійснювати повний оберт за 1,5 хв. у прямому або зворотному напрямку. Позірний річний рух Сонця по екліптиці, як наслідок руху Землі навколо Сонця, а також рух Місяця і планет демонструється за наявності проектора Сонячної системи. Для демонстрації руху прецесії передбачено можливість обертати вісь добового руху проектора зоряного поля навколо осі прецесії вручну за допомогою приводу прецесії. При цьому величину обертання видно на шкалі приводу: один інтервал відповідає періоду в 1000 років, а повний оберт шкали складає 25754 роки. Якщо обертання відбувається проти годинникової стрілки (якщо дивитися з півночі), то буде показана майбутня, а якщо навпаки − минула подія. Поворотна платформа змінює широтний рух спостерігача від полюсів до екватора. Проектори площин небесного меридіану, екватора, математичного горизонту, екліптики відтворюють основні точки і площини небесної сфери у вигляді світлих ліній на екрані штучної сфери, в центрі якої перебуває спостерігач. Для кращого орієнтування сторони світу мають свою підсвітку у вигляді різнокольорового забарвлення точок перетину з основними площинами небесної сфери. Площина небесного екватора поділена світлими позначками на 24 частини, які відповідають лініям прямого піднесення зір.

Лінію, що відповідає колам схилення, поділено на 5 відрізків, через які проходять добові паралелі світил та мають оцифрування в 15°. Формуючи основні поняття сферичної астрономії, викладач безпосередньо демонструє точки, лінії, площини небесної сфери. З наведеної схеми (рис. 2) чітко прослідковується зміна вигляду зоряного неба завдяки зміні оцифрованих радіальних ліній, що свідчить про одночасне обертання Землі навколо своєї осі

й навколо Сонця.

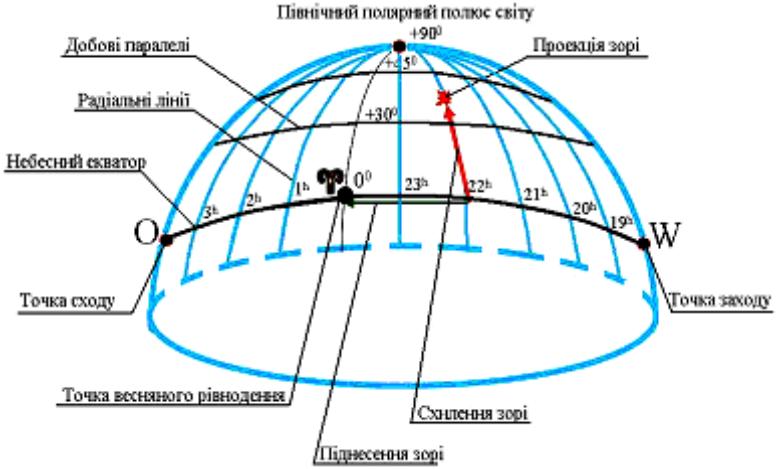


Рис. 2. Схема візуалізованих ліній і площин небесної сфери в НВЦ «Планетарій»

Привівши механізм обертання в дію, спостерігають, як змінюється вигляд зоряного неба, особливо в південній частині небесної сфери. Обертання небесної сфери відбувається із сходу (O) на захід (W) за умови спостереження південної частини небозводу. Крім обертання навколо своєї осі, Земля одночасно обертається навколо Сонця. Зоряне небо кожної пори року має свій неповторний вигляд. На зміну осіннім сузір'ям приходять зимові, потім весняні і, нарешті, літні. Проектор екліптики відображає уявну лінію, вздовж якої ілюзорно рухається Сонце. Шлях Сонця пролягає через 13 сузір'їв, які складають пояс зодіаку. Ці сузір'я розташовані поблизу екліптики, що чітко видно в НВЦ «Планетарій» як окрему групу підсвічених зірок. Цікавим є той факт, що можна, майже одночасно спостерігати сузір'я, в якому перебуває Сонце вдень на момент спостереження, та зорі, які будуть видимі вночі того ж самого дня. Точки перетину екліптики з небесним екватором – точки весняного та осіннього рівнодень мають свою підсвітку. Тому, вводячи поняття схилення і піднесення зорі, викладач звертає увагу студентів на точку й площину відліку, відповідно точку весняного рівнодення і небесний екватор. На площині небесного екватору точки перетину радіальних ліній мають свої позначення у часовій мірі від 0^h до 24^h. Згідно з означенням, схиленням зорі є кутова відстань зорі від площини небесного екватору, що виміряна вздовж кола схилення до вказаної зорі; піднесення зорі визначається кутовою відстанню даної зорі до точки весняного рівнодення, виміряною вздовж площини небесного екватору. Таким способом визначаються координати будь-якої зорі, в даному випадку схилення зорі – + 37°, піднесення – 22^h (рис. 2). Після проведення декількох вправ на визначення коор-

динат зір, студенти практично миттєво визначають координати вказаних зір, небесних об'єктів, виділяють найяскравіші зорі сузір'їв, ототожнюють вигляд небесної сфери в Планетарії з картою зоряного неба. Для закріплення набутих знань та практичних навичок студентам пропонується система задач і вправ у вигляді різнорівневих тестових завдань, з використанням засобів комп'ютерного тестування.

Відзначимо, що проведення демонстраційних спостережень як однієї із форм лабораторного експерименту в НВЦ «Планетарій», має ряд переваг у порівнянні з природними спостереженнями справжнього зоряного неба, зокрема:

– моделювання спостережень не залежить від природних умов, часу доби, географічної широти місця спостереження;

– використання лазерної вказівки дозволяє безпосередньо демонструвати локальні (відокремлені) ділянки зоряного неба;

– можливість демонстрації вигляду зоряного неба на різних географічних широтах;

– демонстрація добового, річного обертання небесної сфери, прецесії, руху планет, Місяця і Сонця;

– моделювання різних астрофізичних явищ;

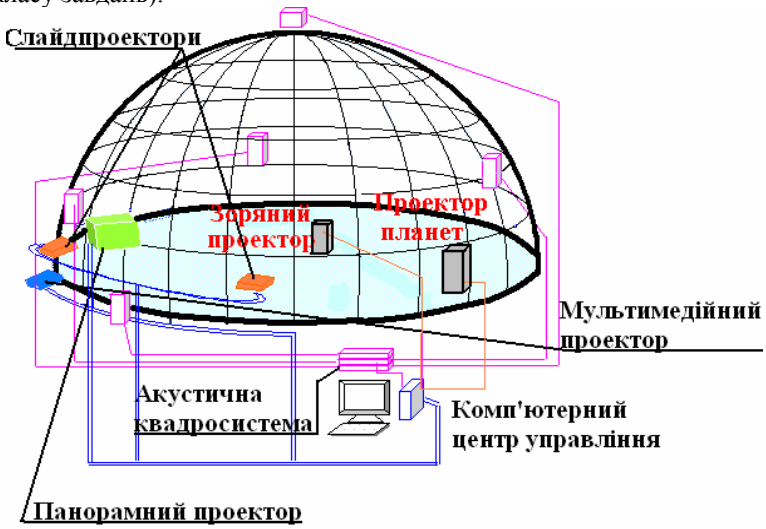
– визначення координат небесних світил.

Безпосередні спостереження зоряного неба, вивчення видимого руху Сонця, Місяця, орієнтування на місцевості за допомогою кутомірних інструментів у комплексі з такими ж спостереженнями в умовах функціонування НВЦ «Планетарій» дають змогу студентам (учням) засвоїти основні поняття сферичної астрономії, підвищити рівень просторової уяви й об'ємного мислення, враховуючи специфічність навчального матеріалу, що досягається за умови впровадження в навчальний процес новітнього обладнання.

Засоби навчання астрономії визначають специфічні змістово-предметні лінії, відбивають технологічні особливості навчально-виховного процесу з астрономії. Особливість конструкції НВЦ «Планетарій» (наявність підйомного механізму для зворотно-поступального руху верхньої частини купола – частини проекції зоряного неба (рис. 3)) відкриває нові можливості представляти та ілюструвати реальні астрофізичні об'єкти або їх штучні модельні відбитки, створює особливі умови для моделювання та демонстрації різноманітних природних процесів і об'єктів.

Наявність відповідного матеріального імітаційного середовища створює додаткові умови для гнучкого моделювання і відображення навчально-виховних ситуацій, навчальних об'єктів і процесів. У зв'язку з цим, проблемне завдання можна представити, спираючись на узагальнену модель задачі, яка включає в себе дві відносно незалежні, але діалектично взаємозумовлені і взаємопов'язані її частини: формуючу (частину завдання, яка включає опис проблемної галузі та формулювання цілей завдання) і реалізуючу (ді-

йову частину завдання, його процес, що включає методи і засоби, які застосовуються чи передбачається застосувати для розв'язання даного завдання або класу завдань).



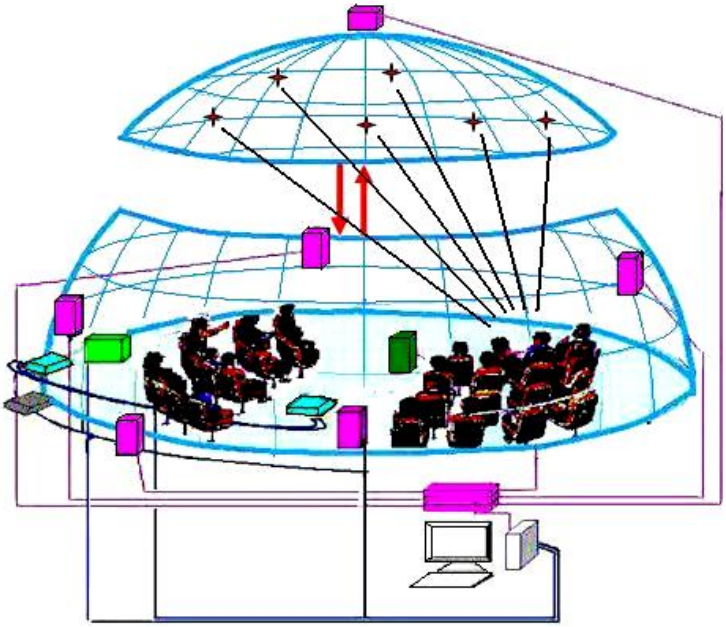


Рис. 3. Схема демонстрації закону Габлла в НВЦ «Планетарій»

Наприклад, закон Габлла, порівняння середньої густини Всесвіту з критичною густиною (еволюція Всесвіту), червоне зміщення небесних об'єктів (ефект Доплера) відтворюються у модельному варіанті ідеалізованого лабораторного експерименту. При цьому студенти (учні), перебуваючи в центрі штучної небесної сфери, безпосередньо спостерігають ефекти розбігання зір (зміну радіальної й тангенціальної складової швидкості власного руху зір), зміну фізичних властивостей простору, які виникають завдяки дії спеціального обладнання та механізмів. За таких умов активізується робота всіх аналізаторів: зору, слуху та руху; забезпечується єдність дій, емоцій та вольових зусиль, у тому числі завдяки ефекту квадроакустичного звукового резонансу. Сприймання інформації астрономічного наповнення відбувається через поєднання предметно-адаптивних та аналітично-моторних компонентів засвоєння змісту астрофізичних понять. Процес адекватного засвоєння понять полягає в акумулюванні сукупності певних пізнавальних операцій, що переводять суб'єкт навчання у стан розуміння та ціннісних суджень, трансформуючись у накопиченні нових природничонаукових знань. Тому, тлумачення, пояснення і, навіть, відтворення фундаментальних астрофізичних теорій за умови функціонування такого комплексу засобів навчання з астрономії, стає простим та доступним не лише для студентів, а й для різновікової учнівської молоді.

Таким чином, система засобів навчання з астрономії є необхідним елементом у функціонуванні тієї чи іншої освітньо-просторової складової педагогічної технології в контексті вивчення астрономії. Нові інноваційні технології сприяють підвищенню інтересу і загальної мотивації навчання астрономії завдяки новим формам організації діяльності і причетності до пріоритетного напрямку розвитку високотехнологічного суспільства; активізують навчання завдяки використанню привабливих і швидкозмінних форм подання інформації; підвищують ефективність навчального процесу, зокрема забезпечення індивідуалізації та диференціації навчання при різнорівневій підготовці; що дозволяє об'єктивно перевірити та оцінити рівень навчальних досягнень студента .

Література:

1. Биков В.Ю. Теоретико-методологічні засади створення і розвитку сучасних засобів та е-технологій навчання // Розвиток педагогічної і психологічної наук в Україні 1992–2002. Збірник наукових праць до 10-річчя АПН України / Академія педагогічних наук України. – Частина 2. – Харків: ОВС, 2002. – С. 182–199.

2. Іваницький О.І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі. – Запоріжжя: Прем'єр, 2001. – 255 с.

3. Мартинюк М.Т., Ткаченко І.А. Університетський навчально-виховний центр "Уманський планетарій" – прообраз шкільного кабінету астрономії // Зб. наук. праць. Спец. випуск. – К.: Науковий світ, 2004. – С. 90–96.

4. Педагогічні технології у неперервній професійній освіті: Монографія /С.О. Сисоєва, А.М. Алексюк, П.М. Воловик, О.І. Кульчицька, Л.Є. Сігаєва, Я.В. Цехмістер та ін.; За ред. СО. Сисоєвої. – К.: Наук. світ, 2001. – 319 с.

5. Планетарій як засіб навчання. Навч. посіб. / В.Ю. Биков, М.Т. Мартинюк, І.А. Ткаченко. – К.: Наук. світ, 2004. – 88 с.

6. Полат Е.С., Бухаркина М.Ю., Моисеева М.В. Новые педагогические технологии. – М.: Академия, 2001. – 272 с.

7. Сергієнко В.П., Шут М.І. Теоретико-методичні особливості використання сучасних комп'ютерно орієнтованих засобів навчання загальної фізики // Засоби і технології єдиного інформаційного освітнього простору: Зб. наук. пр. / За ред. В.Ю. Бикова, Ю.О. Жука / Інститут засобів навчання АПН України. – К.: Атіка, 2004. – С. 185–193.

8. Ткаченко І.А. Вивчення сферичної астрономії в умовах функціонування навчально-виховного центру "Планетарій" // Наукові записки. Серія: педагогічні науки. – Випуск 66. – Кіровоград, 2006. – С. 171–176.

9. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. – К.: Вища школа, 1981. – 255 с.

ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ АСТРОНОМІЧНИХ СЕРВЕРІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ СФЕРИЧНОЇ АСТРОНОМІЇ

А.М. Бакал[α], Г.М. Бойко[β]
м. Київ, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова
[α] anbakal@gmail.com
[β] NPU_Bojko@i.ua

Інтенсивний розвиток інформаційно-комунікаційних технологій в сучасному суспільстві вимагає створення новітнього освітнього середовища, яке забезпечить набуття майбутніми фахівцями системи спеціальних компетентностей, зокрема, пов'язаних з використанням можливостей Internet.

Специфіка астрономії як науки полягає в тому, що її предмет вивчення недосяжний для безпосереднього експериментального дослідження. Все, що отримує астроном експериментально, це лише різні види випромінювання. А процеси, які досліджуються, протікають або виключно швидко (миттєво!), або надзвичайно повільно. Спектр застосування комп'ютерних технологій в сучасній астрономії надзвичайно різноманітний – від підтримки астрономічних спостережень та обробки результатів до моделювання фізичних процесів у зірках та зоряних системах. За допомогою Internet можна в online режимі приймати участь в астрономічних спостереженнях за допомогою надсучасних астрономічних приладів розміщених в кращих обсерваторіях світу чи в космічних кораблях. Можна оперативно отримати результати таких спостережень та опрацювати їх власноруч, що є принципово новим засобом вивчення астрономі.

Сучасні Internet-технології відкривають для студентів можливість оперативного доступу до професійних електронних ресурсів, зокрема астрономічних каталогів, баз даних результатів спостережень тощо. У мережі Інтернет також є багато спеціалізованих астрономічних серверів, які дозволяють полегшити різноманітні розрахунки, зокрема пов'язані із задачами сферичної астрономії.

Зрозуміло, наявність спеціальних серверів не звільняє студента від необхідності вивчення теоретичних основ сферичної і ефемеридної астрономії, але автоматизація розрахунків позбавляє від елементарної рутинності.

Під час виконання розрахунків слід взяти до уваги, що географічні координати спостерігача і його висота над рівнем моря задаються з не високою точністю (широта і довгота з похибкою в кутову мінуту). Час сходу і заходу світила також немає сенсу обчислювати з високою точністю, оскільки тоді необхідно врахувати рефракції та сферичність поверхні Землі. Обмежимось при обчисленнях координат похибкою $\pm 1'$, а при обчисленні моментів часу – $\pm 1^m$.

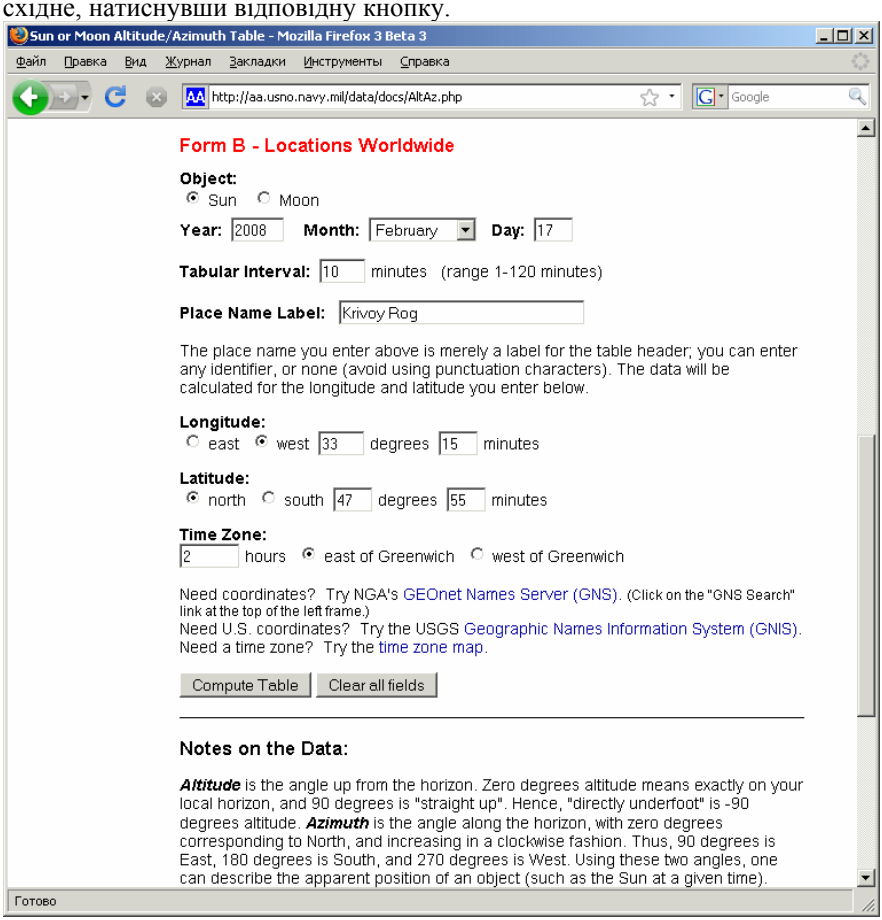
Для обчислення висот і азимутів Сонця та Місяця використаємо спеціалізований сервер Військово-морської обсерваторії США:

http://aa.usno.navy.mil/data/

Після відкриття Web-сторінки виберемо «Altitude and Azimuth of the Sun or Moon During One Day» (*Висота і азимут Сонця та Місяця протягом одного дня*). Обираємо форму B – «Locations Worldwide» (*Розташування*). Наступна сторінка містить спеціальні вікна:

- назва точки спостереження;
- час спостереження (рік, місяць, день);
- координати спостерігача (широта і довгота);
- номер годинного поясу.

Початкова установка позитивного напряму відліку широти відповідає загальноприйнятому – від земного екватора до північного полюса. Проте для інших параметрів діє прийняте в Північній Америці правило, згідно якому позитивним вважається напрям на захід. Тому ми змінюємо його на східне, натиснувши відповідну кнопку.



Якщо ми проводимо розрахунок висот і азимутів для міста Кривий Ріг, то у відповідних вікнах треба записати його координати:

- широта точки спостереження 47º55′;
- довгота точки спостереження (на схід від Гринвіча) 33º15′;
- 2 – номер годинного поясу в східному напрямі.

У вікні «Place Name» (*назва точки спостереження*) набираємо: Kiev. Обираємо об'єкт Sun (*Сонце*) або Moon (*Місяць)* і встановлюємо інтервал часу для розрахунку значень (від 10 до 120 хвилин). Після завершення всіх необхідних установок натискаємо «Compute Table» (*Розрахувати таблицю*). Через деякий час на екрані з'являється таблиця, в якій на вибрану дату за поясним часом (із встановленим кроком) приведені значення висот і азимутів світила.

Необхідно звернути увагу на зворотний напрям відліку азимута в даній таблиці (від півночі на схід). Він відрізняється від прийнятого в астрономії.

Для обчислення топоцентричних координат планет використаємо генератор ефемерид HORIZONS лабораторії JPL: http://ssd.jpl.nasa.gov/.

На головній Web-сторінці з'являється напис «Current Settings» (*Поточні налаштування*). Нижче в якості приклада приведені початкові дані сервера для розрахунку ефемерид Марса та розташовано чотири кнопки для зміни початкових даних.

Нехай потрібно розрахувати на заданий момент всесвітнього часу топоцентричні координати Юпітера. Натискаємо на кнопку «Target Body» (*Мета*). На сторінці, що відкрилася, перейдемо до розділу «Select Major Body» (*Вибрати велике тіло*) і клацнемо на кнопці «Display List» (*Показати список*), розташованій праворуч від вікна з написом «Sun and Planets» (*Сонце і планети*). У вікні, що відкрилося, виберемо назву планети Jupiter (*Юпітер*), а потім натиснемо на ліву кнопку внизу з написом «Select Indicated Body» (*Вибрати вказане тіло*). Після цього ми автоматично повертаємося на першу сторінку сервера. Звернете увагу, що в списку початкових даних з'явилася назва планети, яка нас цікавить.

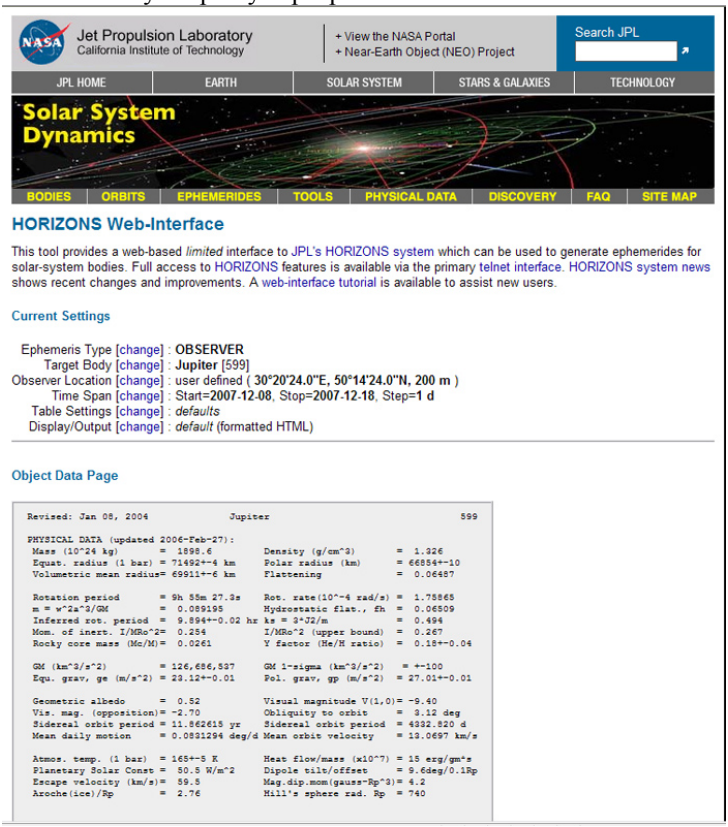
Натискаємо кнопку – «Observer Location» (*координати спостерігача*) і знаходимо розділ меню «Specify Observer Coordinates» (*Специфічні координати спостерігача*). У ньому розташовані вікна для введення географічних координат спостерігача і його висоти над рівнем моря. Заповнивши необхідні дані, тиснемо «Use Specified Location» (*Використовувати описане положення*) та повертаємося на головну сторінку, де вже відбулася зміна відповідних початкових даних.

Натискаємо наступну кнопку – «Time Span» (*Проміжок часу*). На сторінці, що відкрилася, фіксуємо початковий і кінцевий моменти часу для розрахунку таблиці ефемерид у форматі рік, місяць, день, година, хвилина. Зверніть увагу, що букви A.D. (Anno Domini) – означають наша ера. При необхідності їх можна змінити на B.C. (Before Christ – до Різдва Христового) і розраховувати ефемериди для моментів часу до нашої ери. У вікні пун-

кту 2 встановлюємо крок таблиці ефемерид за часом, залишаємо без змін установки пункту 3 і натискаємо на кнопку «Use Specified Settings» (*застосувати установки*). Після цього повертаємося на головну сторінку сервера.

Натискаємо останню кнопку «Output Quantities and Format» (*Вихідні величини і формат*). На сторінці, що відкрилася, з'являється таблиця, що містить перелік 35 параметрів, які можуть бути розраховані Генератором ефемерид. Параметри, що цікавлять нас, вибираємо, клацнувши на невеликому квадраті зліва від їх найменувань. Рекомендуємо обмежуватися мінімально необхідним набором параметрів, оскільки це спрощує роботу з таблицею.

В кінці Web-сторінки виберемо програму розрахунку ефемерид J2000 і необхідний режим розрахунку – для безповітряного простору (Airless) або з урахуванням атмосферної рефракції (Refracted), а в розташованому поряд невеликому вікні встановимо необхідний формат запису. Натиснувши кнопку «Use Selected Settings» (*застосувати вибрані установки*) ми знову повертаємося на головну сторінку сервера.



Останньою нашою дією буде натиснення кнопки «Generate Ephemeris» (*Генерувати ефемериди*), розташованої внизу головної сторінки. Через де-

який час, який визначається швидкістю передачі даних по комп'ютерній мережі, на екрані з'явитися таблиця із результатами розрахунку.

Сонячні і місячні затемнення належать до найцікавіших астрономічних явищ і привертають увагу багатьох людей. Протягом року можуть відбуватись максимум 7 затемнень: 5 сонячних і 2 місячних, або ж 4 сонячних і 3 місячних. Найменша кількість – два сонячних затемнення на рік. Найчастіше за рік відбувається два сонячних і два місячних затемнення.

Під час затемнень Сонця частина поверхні Землі знаходиться в конусах повної тіні і півтіні, які відкидає освітлений Сонцем Місяць. У зоні тіні спостерігається повне сонячне затемнення, а навколо нього – у півтіні – видно часткове затемнення при якому диск Місяця лише частково закриває Сонце; фаза затемнення збільшується до конуса повної тіні. Діаметр тіні залежить від відстані центра Місяця до поверхні Землі та може складати 260 км. Переміщення тіні і півтіні по земній поверхні утворює смугу повного затемнення, а з обох її боків – смуги часткового затемнення з фазами, що зменшуються до їх зовнішніх меж. За межами цих смуг затемнення не спостерігається. Отже, в різних пунктах Землі сонячне затемнення буває неодночасно і має різні форми. Повне затемнення триває кілька хвилин, залежно від діаметра тіні та швидкості її руху. Протяжність смуги повного затемнення на поверхні Землі нерідко сягає 10 тисяч кілометрів, а час від моменту вступу місячної тіні на земну поверхню до моменту її сходження досягає 2-3 годин.

За певних умов, під час повномісяччя, настає затемнення Місяця. Його східний край занурюється в земну тінь. Темну частину диска відокремлює від освітленої дуга круга, радіус якого в два з половиною рази більший від радіуса Місяця. Повне затемнення почнеться, коли протилежний край Місяця ввійде в тінь Землі і триває близько 2 годин.

У деяких випадках у земну тінь занурюється лише частина місячного диска – відбувається часткове затемнення. Бувають і пів тіньові затемнення, під час яких Місяць проходить тільки через півтінь. Напівтіньові затемнення Місяця можуть бути зареєстровані тільки спеціальними фотометрами.

Початок і кінець затемнення Місяця з кожного пункту нічної поверхні Землі видно в ті самі фізичні моменти часу.

Для з'ясування можливості спостереження затемнень в певній точці на поверхні Землі треба розрахувати дати майбутніх затемнень. Такі дані містяться на спеціалізованих астрономічних серверах мережі Internet. Найбільш інформативною є підтримувана NASA «Домашня сторінка затемнень»: http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html.

Вона містить каталоги всіх затемнень за період п'ять тисяч років – від 2000 року до н.е. по 3000 рік н.е. Для багатьох затемнень є посилання на Бюлетень затемнень NASA, який містить великий об'єм різноманітної інформації. Так, для повних затемнень Сонця є наступні відомості:

- докладні карти з ізолініями фаз;

- точні моменти контактів;
- карти смуги повної фази з урахуванням неоднородностей місячного лімба і деякі інші дані.

На «Домашній сторінці затемнень» є точні геоцентричні ефемериди Сонця і Місяця, розраховані з інтервалом в одну добу на 12 років (від –5 до +6 років по відношенню до поточного року).

Для розрахунку місячних затемнень можна скористатися вже відомим нам сервером Військово-морської обсерваторії США.

Натиснувши меню «Lunar Eclipse Computer» (*Комп'ютер місячних затемнень*) відкриваємо сторінку, яка містить вікна для запису початкових даних. У першому вікні записана дата найближчого затемнення Місяця. Якщо нас цікавлять інші затемнення, то необхідно клацнути на кнопці в правому кінці рядка. У вікні, що відкрилося, з'явиться список дат інших місячних затемнень, з яких можна зробити необхідний вибір. На цій же сторінці знаходяться вікна для запису координат спостерігача і номера його годинного поясу. Ввівши необхідні для розрахунку дані, натискаємо на кнопку «Get Data» (*Отримати дані*). Через деякий час з'явиться таблиця з моментами початку і закінчення напівтіньових та тіньових фаз затемнення за поясним часом спостерігача, а також значення висоти і азимута Місяця. Якщо затемнення не спостерігається в даній точці, то на екран буде виведено відповідне повідомлення.

Використання спеціалізованих астрономічних серверів мережі Internet для автоматизації обчислень дозволяє студентам сконцентрувати увагу на вузлових моментах спостереження астрономічних явищ, створюючи атмосферу навчально-дослідницької діяльності, ефективно впливаючи на пізнавальну зацікавленість студентів та активізуючи психологічні механізми позитивного ставлення до процесу пізнання.

Розділ III

Професійна підготовка вчителя фізики

ЦІЛЬОВІ ОРІЄНТАЦІЇ ФІЗИЧНИХ ЗНАНЬ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ

П.С. Атаманчук[1α], О.М. Семерня[1β], Б.А. Сусь[2γ]
[1] м. Кам'янець-Подільський, Кам'янець-Подільський державний університет
[2] м. Київ, Національний технічний університет України "КПІ"
[α] kaf_mvf@kpdu.kp.km.ua
[β] oksana543@yandex.ru
[γ] bnsuse@gmail.com

Постановка проблеми. Особистість виступає центральною категорією у багатьох суспільно-гуманітарних науках, таких як психологія, педагогіка, соціологія, політологія, медицина, філософія тощо. Відповідно до нормативних посилань (Закон України "Про вищу освіту", ДК 003-95 Державний класифікатор професій, ДК 009-96 Державний класифікатор економічної діяльності, Положення про освітньо-кваліфікаційні рівні та інших) встановлюються галузеві кваліфікаційні вимоги виробничої та соціальної діяльності випускника вищого навчального закладу з спеціальності 7.010103 "Педагогіка та методика середньої освіти. Фізика". Державні вимоги до освітньо-кваліфікаційного рівня та до якості особи майбутнього вчителя фізики визначають напрями формування характерних фахових рис особистості у професійній підготовці студента. Так, наприклад, випускник вищого навчального закладу з спеціальності 6.010100 "Педагогіка та методика середньої освіти. Фізика" повинен виявляти професійну здатність до розв'язання проблем і завдань соціальної діяльності (ефективні міжособистісні комунікації та комунікації з організаціями; здоровий спосіб життя і пропагування його серед оточуючих людей; реалізація прав і свобод людини і громадянина тощо) [4]. Отже, постає проблема цільової орієнтації фізичних знань як необхідної умови формування професійної компетентності вчителя.

Розгляд проблеми. Цілеспрямування професійної підготовки майбутнього вчителя фізики проектує формування відповідних фахових особистісних компетентностей педагога: знання, цінності, проекти, діалогізми, творчість. Ми розглядаємо фахові компетентності педагога у відповідності з визначеними нами параметрами пізнавальної діяльності, такими як стереотипність, усвідомленість, пристрасність [1; 2]. Ці параметри пізнавальної діяльності виступають категорією якості особистісних компетенцій педагога, тоді як кількісною категорією визначають [6] різноманітні шкали оцінювання, так званих, ЗУН-ів: "знання-уміння-навички". Ми вважаємо такі величини не рядопокладними поняттями [1-4]. Тому приоритетну роль особистісних компетенцій майбутнього педагога вважаємо формування категорії якості знань згідно параметрів пізнавальної діяльності стереотипності, усві-

домленості, пристрасності.

Параметр стереотипності визначає формування виконавської риси фахівця, вибудовує стереотипні, репродуктивні, алгоритмічні форми його професійної діяльності.

Параметр усвідомленості відповідає за формування такої професійної якості як “логічна впорядкованість у пізнавальній діяльності майбутнього вчителя фізики”, проектує та розвиває логічний апарат мислення (аналіз, синтез, моделювання, індукція, дедукція, абстрагування, систематизація, узагальнення тощо). Цей параметр визначає певним чином управлінські риси фахівця.

Параметр пристрасності визначає формування творчо-пошукової, нестандартної форми діяльності майбутнього фахівця, його дослідницькі риси.

Кожен із цих параметрів спрямовує навчально-пізнавальну діяльність студента (організацію, управління, контроль, корекцію) у русло, відповідне до запиту соціального середовища як сфери його майбутньої професійної діяльності.

Наприклад, професія художника визначається відповідними характерними завданнями та обов’язками [7]: *проводити роботу* із впровадження на підприємстві виробничої естетики, яка сприяє підвищенню продуктивності праці, її привабливості та ефективності; *брати участь у розробленні художньо-конструкторських проектів* реконструкції і будівництва приміщень підприємства*; здійснювати контроль* за додержанням естетичних вимог під час реконструкції і будівництва виробничих, службових і культурно-побутових приміщень, за правильним художнім плануванням вигляду промислових інтер’єрів, кольоровим оформленням виробничих, службових, санітарно-побутових приміщень, робочих місць, місць відпочинку й споживання їжі; *розробляти рекомендації* для робочого одягу, який відповідає специфіці виробництва і характеру трудової діяльності працівників; *надавати методичну допомогу* в обладнанні виробничих, службових і культурно-побутових приміщень меблями, інвентарем, оргтехнікою та оснасткою, засобами наочної агітації, в раціональному їх освітленні; *розробляти проекти* впорядкування та озеленення території підприємства, архітектурно-художнього оформлення фасадів будинків, прохідних тощо, стежити за правильністю здійснення робіт з оформлення реклами, виставок, панно, плакатів тощо. Художник повинен знати постанови, розпорядження, накази, методичні, нормативні та інші керівні матеріали з питань організації праці, технічної естетики, основ технології виробництва, передовий вітчизняний і світовий досвід впровадження виробничої естетики, основи економіки, організації праці і виробництва, основи трудового законодавства і т.ін.

Отже, найважливішою фаховою рисою професії художника, як ми переконались, є творча діяльність. Відповідні професійні риси є й у вчителя.

Щодо розвитку професійних рис майбутнього вчителя фізики то, використовуючи еталонні вимірники якості знань як контрольно-вимірювальні

зразки навчально-пізнавальної діяльності, ми диференціюємо та індивідуалізуємо його навчально-пізнавальну діяльність, формуємо категорію якості особистісної компетенції педагога.

Так, зокрема, параметру стереотипності відповідають рівні **заучування**, **повне володіння знаннями і навички.**

Заучування (ЗЗ) (у відповідності з системою обліку трудомісткості навчальної роботи ETSC – *learning* (Ln)) формує професійну здатність механічного відтворення основного обсягу навчального матеріалу.

Повне володіння знаннями (ПВЗ) (за ETSC – *fullness* (Fl)) прогнозує професійну здатність повного відтворення всіх елементів навчального матеріалу в будь-якій структурі викладу.

Навичка (Н) (за ETSC – *experience* (Ex)) передбачає формування професійної здатності повторення узвичаєних дій, автоматично використовувати зміст навчального матеріалу в однотипних стандартних ситуаціях діяльності.

Для визначення такого параметра пізнавальної діяльності як стереотипність, дається відповідне методичне завдання. Наприклад, для кваліфікації спеціаліста 7.010103 “Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика” з теми “Методичні особливості вивчення теми “Електричне поле“ (рівень “Навичка”) можливе таке завдання: “Підготуйте реферат на тему «Методичні рекомендації вчителю по вивченню теми "Електростатика"»”. Або стосовно теми “Закони постійного струму“ (рівень “Навичка”) завдання: “Складіть план-конспект уроку «Закон Ома для повного кола»” (тип уроку – вивчення нового матеріалу, вид уроку — лекція із елементами демонстрацій).

Параметру усвідомленість відповідають рівні **розуміння головного** (*Cn*), **повне володіння знаннями** (*Fl*), **уміння** (*Kh*). Для цього параметру рівень розуміння головного (*Cn)* визначає професійну здатність стислого відтворення основного змісту навчального матеріалу; рівень повного володіння знаннями (*Fl*) забезпечує професійну здатність до активного відображення всіх елементів навчального матеріалу в будь-якій структурі викладу; рівень уміння (*Kh*) відображає здатність майбутнього вчителя фізики раціонально використовувати головну ланку навчального матеріалу в інформаційних зв’язках.

Прикладами методичних завдань для визначення і формування рівня розуміння головного (*Cn*) для кваліфікації спеціаліста 7.010103 “Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика” з теми “Методичні особливості вивчення теми «Основи термодинаміки»” можуть бути такі завдання: “Проаналізуйте застосування першого закону термодинаміки при нагріванні води на газовій плиті” або “Проаналізуйте застосування першого закону термодинаміки при змішуванні гарячої та холодної води в калориметрі”.

Для визначення і формування рівня уміння стосовно теми “Методичні особливості вивчення теми «Електричне поле»” можливе завдання таке: “Визначте систему основних понять, які необхідні для якісного засвоєння

теми "Електростатика". Відзначте та конкретизуйте поняття, які вперше вводяться, та ті, що вивчались раніше учнями. Складіть опорний конспект з теми".

Для параметру пристрасності визначальними є рівні — **наслідування, повне володіння знаннями, переконання**. Проектований рівень наслідування (НС) (ETSC-форма – *imitation* (Im)): формує властивість аналогічного, повторювального використання операцій над навчальним матеріалом для засвоєння нових; рівень повного володіння знаннями (*Fl*) формує здатність активного відображення всіх елементів навчального матеріалу в будь-якій структурі викладу; рівень переконання (*Pr*) формує вміння світоглядного обґрунтування змісту навчального матеріалу, його нестандартного застосування.

Методичним завданням для кваліфікації спеціаліста 7.010103 "Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика" з теми "Методичні особливості вивчення теми "Електричне поле" (рівень переконання) може бути таке: "Встановіть елементи формування діалектико-матеріалістичного світогляду та поясніть, як їх можна здійснити вивченні яких питань теми "Електростатика". Складіть перелік узагальнень та висновків світоглядного характеру (у формулюваннях для вчителя)".

Отже, формування професійних рис майбутнього вчителя фізики здійснюється на основі проектування відповідних завдань еталонного характеру.

Наведемо методичні завдання еталонного характеру для **семінарського заняття** з теми "Методика вивчення основ молекулярно-кінетичної теорії":

1. На рівні розуміння головного (*Cn*): "Охарактеризуйте основні етапи розвитку поняття про молекулу в шкільному курсі фізики. Які нові характеристики молекули вивчаються на кожному наступному етапі формування цього поняття?"

2. На рівні повного володіння навчальною інформацією (*fullness* (Fl)):

а) Вчитель: "Яка кількість видів атомів та молекул у природі? Скінчена чи нескінченна? Учень: "Так як природа нескінченна, значить число видів атомів та молекул, що існують в ній, також нескінченне".

– Чи згідні Ви з твердженням учня?

б) Вчитель: "Яка природа сил молекулярної взаємодії?" – Учень: "Це кулонівські сили електростатичної взаємодії".

– Чи так це насправді?

в) Вчитель: "Що таке ідеальний газ?" Учень: "Це такий газ, молекули якого не взаємодіють між собою. Це спрощена модель реального газу".

– В чому неточність означення, який дав учень?

3. На рівні переконання (*Pr*): "Встановіть, які елементи процесу формування діалектико-матеріалістичного світогляду можна здійснити при вивченні розділу "Основи молекулярно-кінетичної теорії". При вивченні яких питань це можна зробити? Складіть перелік узагальнень та висновків світоглядного характеру (у формулюваннях для вчителя)".

Методичні завдання на семінарських заняттях із дисципліни “Методика навчання фізики” формують запроектовані у цільовій навчальній програмі відповідні фахові риси майбутнього вчителя фізики.

Для проектування індивідуальної пошуково-дослідницької діяльності студентів-фізиків нами запропоновані такі напрямки (табл. 1) [3]:

Таблиця 1. Напрямки науково-методичної діяльності студентів (для творчої самостійної роботи за вибором)

№ п/п	Типи
1.	Місце та змістове наповнення фізичної складової у навчанні молодших школярів.
2.	Розвиток пізнавального інтересу учнів з фізики.
3.	Технології активного навчання учнів з фізики.
4.	Методика вивчення окремих тем і розділів курсу фізики.
5.	Методика розв’язування фізичних задач.
6.	Роль і місце фізичного експерименту в навчальному процесі.
7.	Система позакласної роботи з фізики.
8.	Особливості побудови і проведення різних типів уроків з фізики.
9.	Саморобні прилади в навчанні фізики.
10.	Дослідницька робота при вивченні фізики в домашньому експерименті.
11.	Елементи ігрового моделювання в шкільному курсі фізики.
12.	Комп’ютерна підтримка вивчення вибраних тем шкільного курсу фізики.
13.	Впровадження еталонних вимірників якості знань учнів з фізики.
14.	Головні тенденції у навчанні фізики в 12-річній школі.
15.	Шляхи розвитку експериментальних і творчих здібностей школярів у навчанні фізики.
16.	Критерії оцінювання навчальних досягнень учнів з фізики в умовах переходу на 12-річний термін навчання.

Отже, скоординована навчально-пізнавальна діяльність з методики навчання фізики за проектованими рівнями формує у майбутнього вчителя фізики фахові риси: творче перенесення, наполегливість, раціональність, інтуїтивність тощо. Здійснювати розвиток цих особливостей можна цілеспрямуванням методичних завдань за допомогою вимірників якості знань: заучування, наслідування, розуміння головного, повне володіння знаннями, навички, уміння, переконання.

Як приклад такого цілеспрямування може бути аналіз дослідження дипломної роботи М.І. Корчинського на тему “Використання міжпредметних зв’язків фізики в старшій школі за умов переходу на стандартизовані моделі навчання” (2007 р.). Студент-дипломник розробив основні методичні аспекти факультативного курсу “Основи біологічної та медичної фізики” за ета-

лонними вимогами, таким способом проявив сформовану категорію якості особистісної компетенції майбутнього вчителя фізики – знання, цінності, проекти, діалогізм, творчість.

Фрагмент цільової програми факультативного курсу “Основи біологічної та медичної фізики” окреслено в табл. 2.

Таблиця 2

10 клас			
№	Зміст уроку	Кількість годин	Проектований рівень якості знань
1.	Вступ	2	Розуміння головного
2.	Фізичні вимірювання в біології та медицині	1	Уміння
3.	Окремі питання біомеханіки	2	Розуміння головного
4.	Механіка обертового руху. Робота центрифуги	1	Повне володіння знаннями
5.	Механічні коливання і хвилі	1	Уміння
6.	Акустика	3	Уміння
7.	Властивості рідини	4	Переконання
8.	Механічні властивості твердих тіл і біологічних тканин. Роль пасивних механічних властивостей біологічних тканин у різних напрямках медицини	2	Розуміння
9.	Фізичні основи гемодинаміки	3	Уміння
10.	Термодинаміка	6	Уміння
11.	Фізичні процеси в біологічних мембранах	3	Уміння
12.	Електродинаміка	6	Уміння
11 клас			
1.	Електродинаміка (продовження)	10	Навички
2.	Оптика	6	Уміння
3.	Фізика атомів і молекул. Елементи квантової біофізики	4	Повне володіння знаннями
4.	Іонізуюче випромінювання. Основи дозиметрії	2	Уміння
5.	Практикум з біологічної та медичної фізики на базі відділень районної поліклініки	12	Уміння

Для факультативного курсу еталонного змісту “Основи біологічної та медичної фізики” були також розроблені дидактичні матеріали за відповідними проектованими рівнями якості набутих знань.

Завдання та задачі еталонного змісту для дидактичної підтримки факультативного курсу “Основи біологічної та медичної фізики”:

1. Рівень повного володіння знаннями:

а) Еритроцити крові людини – це диски з діаметром $7 \cdot 10^{-6}$ м і товщиною 10^{-6} м. В 1 мм^3 крові міститься близько $5 \cdot 10^6$ таких дисків. Якщо в дорослої людини є 5 л крові, то скільки в ній еритроцитів?

б) Маса молекули гемоглобіну дорівнює $6{,}8 \cdot 10^5$ а.о.м. Скільки молекул гемоглобіну припадає на один еритроцит, якщо вважати, що еритроцити складаються лише з гемоглобіну і густина гемоглобіну 1 кг/м^3?

2. Рівень уміння. Відомо, що під час важкої фізичної праці людини виділяється близько 10^{-2} л поту. Яку масу води можна нагріти від 40 до 100 °С за рахунок енергії, яка витрачається на випаровування 10^{-2} л поту? Питома теплота випаровування поту $24{,}36 \cdot 10^6$ Дж/кг.

Якби піт не випаровувався, то на скільки градусів нагрілося б тіло людини? Вважати, що питома теплоємність тіла людини приблизно така сама як і води, оскільки клітини живих організмів складаються на 80–95 % з води. (Відповідь: 100 °С.)

3. Рівень уміння. Людині необхідно в домашніх умовах встановити оптичну силу окулярів. Переміщуючи лінзу між предметом і екраном, отримали при одному її положенні зменшене зображення, а при другому – збільшене. Відстань між предметом і екраном становить 1 м, а відстань між положеннями лінзи, що відповідають збільшеному і зменшеному зображенням 0,65 м, визначити оптичну силу лінзи. (Відповідь: 6,9 дптр).

Фрагмент дидактичного матеріалу для лекційного заняття з теми “Вступ”: “Медична фізика: Коротка історія (минуле, сьогодення і майбутнє)”.

Широке застосування в медицині іонізуючих і неіонізуючих випромінювань, радіонуклідів і апаратів гамми, електронних і протонних прискорювачів, радіо діагностичних камер гамми, рентгенівських і емісійних комп’ютерних томографів, позитронних і магнето-резонансних томографів, гіпертермії і магнето терапії, лазерних, ультразвукових і інших апаратів трансформувало характер медицини. Вона з хірургічної і лікарської стала значною мірою фізичною.

Медична фізика – самостійна наука про систему, до якої входять фізичні прилади, випромінювання, людський організм і його хвороби, а також лікувально-діагностичні апарати і технології. Її мета – вивчення цієї системи, профілактика і діагностика захворювань, а також лікування хворих за допомогою методів і засобів фізики, математики і техніки.

Медичні фізики потрібні сьогодні як практики в клінічній медицині. Без них лікар в найбільш складних медико-фізичних технологіях не в змозі забезпечити високі вимоги точності, гарантії якості і безпеки, здійснювати відповідальні фізико-математичні функції, наприклад, при вимірюваннях, обробці і аналізі діагностичних зображень, дозиметричному плануванні і

контролі в процесі променевого лікування. Вони суміщають глибокі фізико-математичні і медичні знання, безпосередньо беруть участь в лікувально-діагностичному процесі, розділяють з лікарем відповідальність за пацієнта".

Висновки. Індивідуально запроектована пізнавальна діяльність студента дає можливість формувати відповідні фахові риси майбутнього вчителя. Фахові риси педагога доцільно розглядати у відповідності з визначеними параметрами пізнавальної діяльності, такими як стереотипність, усвідомленість, пристрасність і відповідними до цієї категорії якості особистісної компетенції педагога рівнями знань, таких як заучування, наслідування, розуміння головного, повне володіння знання, навичка, уміння, переконання. Отже, постає проблема цільової орієнтації фізичних знань як необхідної умови формування професійної компетентності вчителя, подальший розвиток якої вбачаємо у розробленні методичного підходу еталонного навчання студентів з дисципліни "Технічні засоби навчання" із спеціальним спрямуванням відповідно до фахової компетенції.

Література:

1. Атаманчук П.С. Управління процесом навчально-пізнавальної діяльності. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний інститут, 1997. – 136 с.
2. Атаманчук П.С., Самойленко П.И., Семерня О.Н. Обучение физике как целенаправленная учебно-познавательная деятельность обучаемого // Специалист. – 2006. – № 10. – С. 25-26.
3. Атаманчук П.С., Семерня О.М. Вибрані питання шкільного курсу фізики: Навчальна програма. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, 2003. – 16 с.
4. Атаманчук П.С., Семерня О.М., Сусь Б.А. Оцінювання якості знань студентів з фізики в рамках кредитно-модульної системи навчання // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Дидактики дисциплін природознавчо-математичної та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2007. – Вип. 13.
5. Галузевий стандарт вищої освіти. Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра зі спеціальності 6.010100 "Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика" напряму підготовки 0101 "Педагогічна освіта" // ГСВО МОН 002-02. – К., 2003. – 76 с.
6. Критерії оцінювання навчальних досягнень учнів у системі загальної середньої освіти // Фізика та астрономія в школі. – 2000. – № 4. – С. 2-6.
7. Классификатор профессий и Справочник квалификационных характеристик профессий (n.d./2007) [WWW document]. URL http://www.posada.com.ua/useful/employer/5/ (12 січня 2008)

ПРОБЛЕМА ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАТИЧНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ТА АСТРОНОМІЇ

С.П. Стецик
м. Умань, Уманський державний педагогічний університет
імені Павла Тичини
ssrr@ukr.net

Головна мета педагогічної освіти – підготовка кваліфікованого працівника відповідного рівня і профілю, конкурентоспроможного на ринку праці, компетентного, відповідального, який вільно володіє своїми знаннями, орієнтується в галузях сумісних зі своєю спеціальністю, здатний до ефективної праці за фахом на рівні світових стандартів та вимог, готовий до професійного росту, соціальної та професійної мобільності і відповідно до задоволення потреб людини в отриманні відповідної освіти. У зв'язку з вище переліченими вимогами в освіті велика увага приділяється реалізації компетентнісного підходу, орієнтованого на формування певних компетентностей. Під ключовими компетентностями, що визначають сучасну якість освіти, розуміють систему універсальних знань, умінь та навичок, а також досвід самостійної діяльності та особистої відповідальності майбутнього педагога. При цьому досвід самостійної діяльності та особистої відповідальності лежить в основі процесу прийняття рішення – процесу діяльності людини, спрямованого на вибір найкращого варіанту дій.

Компетентнісний підхід в освіті, на думку авторів [4], пов'язаний з таким видом змісту освіти, який не зводиться до орієнтованого на знання компоненту, а припускає цілісний досвід вирішення професійних проблем, виконання ключових функцій, соціальних ролей, компетенцій. Серед безлічі компетентностей, якими повинен володіти майбутній учитель, можна виділити ключові, універсальні за своїм характером та ступенем застосування: *соціальну, комунікативну, навчально-пізнавальну та інформаційну*.

Особливе місце серед них займає *інформаційна* компетентність особистості. Вона формує вміння самостійно шукати, аналізувати і відбирати необхідну інформацію, організовувати, перетворювати, зберігати і передавати її. Інформаційна компетентність є базовою навіть для ключових, універсальних компетентностей, тому оволодіння нею стає успішною складовою будь-якої професійної діяльності, у тому числі і педагогічної [8].

Основний зміст інформаційної компетентності студента включає:

– уміння раціонально працювати з інформацією: знати особливості інформаційних потоків в своїй предметній області, володіти основами аналітико-синтетичної переробки інформації;

– освоєння технологій підготовки педагогічної інформаційної продукції;

– використання нових інформаційно-комунікаційних технологій і володіння конкретними навиками з використання технічних засобів як безпосередньо в освітньому процесі, так і в самостійній роботі.

Особистісно-діяльнісний підхід у формуванні інформаційної компетентності майбутнього вчителя безпосередньо залежить від ступені та якості технологічних змін в професійній роботі і дозволяє відповісти на питання не тільки «що робити», але і «як робити». Студенту, що працює в інноваційному режимі, доводиться виконувати наступні види діяльності:

– технологічно розробляти і процесуально моделювати освітній процес в цілому;

– технологічно розробляти інформаційні структури у вигляді монологічного викладу і в задачному виконанні, перетворювати навчальну інформацію, складати та застосовувати логіко-структурні схеми;

– складати діагностичні програми, методики, що виявляють стан освітнього процесу в його різних характеристиках;

– аналізувати досвід колег, свій інноваційний досвід;

– уміти розробляти нові технології навчання, наочні методики викладання, організовувати нові комунікативні структури в процесі навчання.

Кінцевим підсумком всієї цієї багатогранної діяльності є нові інформаційні продукти: перспективні плани, концептуальні моделі, аналітичні звіти, узагальнення досвіду роботи, проекти, моделі педагогічного експерименту, лекції, поурочні розробки, плани-конспекти та ін. Їх якісна підготовка неможлива, якщо студент не володіє високим рівнем інформаційної компетентності.

Таким чином, якщо розглядати інформаційну компетентність крізь призму особистісно-діяльнісного та культурологічного підходу, то її можна і слід вважати складовою ширшого поняття – *інформаційної культури* особистості.

Формування компетентностей в галузі інформаційної діяльності у студентів фізико-математичного профілю здійснюється в процесі вивчення курсу інформатики, програмування, комп’ютерного моделювання та інших спеціальних курсів, пов’язаних з використанням ІКТ. Існує велика кількість досліджень присвячених впровадженню інформаційних технологій в педагогічний процес (В.Ю. Биков, А.М. Мартинов, Р.А. Осіпа, А.І. Підласий, П.І. Підласий) [3; 10 та ін.]. Психологічні аспекти використання сучасних інформаційних технологій у навчальному процесі досліджувались в роботах В.П. Безпалька, В.М. Бондаровської, П.Я. Гальперіна, В.П. Зінченка, Ю.І. Машбиця, О.М. Леонтьєва, В.В. Рубцова, В.Ф. Паламарчук, Л.Н. Прокопенка, Н.Ф. Тализіної, О.М. Царенка, А.В. Шелухіної та ін. Аналіз вітчизняної психолого-педагогічної літератури свідчить про постійну увагу до питань впровадження новітніх інформаційних технологій навчання. Запорукою їх впровадження є здобутки вчених, зокрема, з проблеми підготовки вчителя до використання інформаційних технологій у професійній діяльно-

сті (О.В. Суховірський, Т.І. Хачумян, О.І. Шиман, А.В. Янковець та ін.). Ряд досліджень були присвячені питанням системи підготовки вчителя до використання інформаційних технологій в навчальному процесі [1; 11]; методиці формування інформаційно-технологічної складової професійної культури учителя [9].

Питання підготовки вчителів фізики і астрономії до застосування нових сучасних інформаційних технологій в навчанні розглядаються, на нашу думку, недостатньо. Не в повній мірі досліджені проблеми застосування нових інформаційних технологій в сучасній шкільній фізичній та астрономічній освіті. Так, аналіз науково-методичних досліджень і сучасного стану шкільної фізичної і астрономічної освіти дозволяє говорити про існування цілого комплексу **суперечностей**:

– між вимогами сучасної педагогічної парадигми, що ставить на перший план ідею розвитку особи і розглядає навчальні предмети (фізику і астрономію) як засіб розвитку учнів, та орієнтацією вчителів на формування в учнів, в основному, знань і умінь;

– між можливостями комп'ютерного навчання та відсутністю системи застосування сучасних інформаційних технологій в навчанні фізики і астрономії;

– між значною кількістю робіт в області інформаційних технологій та практичною відсутністю методики застосування у поєднанні різних засобів нових інформаційних технологій в навчанні фізики і астрономії в школі.

В останні роки рядом вчених та педагогів-методистів помічено, що нинішня система підготовки вчителів фізики і астрономії не сприяє проявленню та вихованню необхідної творчої активності студентів, виявленню їх індивідуальності, інтенсифікації засвоєння знань. Екстенсивна організація навчального процесу, орієнтована на студента з середніми здібностями, ні в якому разі не сприяє розвитку в нього зацікавленості до майбутньої професії, не збуджує пошук відповіді на питання про можливості використання здобутих знань в майбутній професійній діяльності.

Причинами необхідності покращення методики інформаційної підготовки майбутніх учителів фізики та астрономії є розвиток науки інформатики, інформаційно-комунікаційних технологій та засобів зв'язку, перехід до безперервної відкритої освіти, базованої на особистісно-орієнтованому навчанні, яке потребує перегляду всіх методологічних та концептуальних основ традиційної педагогіки.

Аналізуючи основні тенденції та підходи до запровадження комп'ютерних технологій в системі освіти, слід визнати, що останнім часом освіта значно розширює спектр технологій, що пов'язані з комп'ютером та всесвітніми інформаційними мережами. Розбудова інформаційного освітнього простору сьогодні потребує від молоді володіння сучасними ІКТ та вміння застосовувати їх у навчанні та повсякденному житті.

Активне впровадження ІКТ в навчальний процес значно сприятиме:

– збагаченню змісту дисциплін, що викладаються за рахунок використання електронних інформаційних ресурсів і мультимедійних засобів;

– розвитку самостійної роботи студентів на основі використання електронних ресурсів;

– формуванню інформаційної компетентності у всіх учасників навчального процесу.

Забезпечення підвищення рівня всебічної професійної підготовки майбутніх учителів фізики і астрономії, в тому числі і в напрямку педагогічно виправданого і доцільного використання комп'ютерно-орієнтованих засобів в навчальному процесі, і, відповідно, формування інформаційних компетенцій, на нашу думку, можливе за умов:

– засвоєння достатнього обсягу знань та вмінь для систематичного і ефективного використання комп'ютерної техніки під час навчання у педагогічному ВНЗ;

– використання комп'ютера для підготовки традиційних навчально-методичних матеріалів;

– ознайомлення з існуючими варіантами педагогічних програмних засобів навчального призначення для фізичних та астрономічних дисциплін та їх використання в навчальному процесі;

– вироблення навичок створення власних навчальних мультимедійних програм;

– проведення занять з використанням комп'ютера як засобу професійної діяльності педагога.

Все вищесказане дозволяє зробити висновок, що будь-які інновації є постійним джерелом прогресивного руху педагогічної науки і практики, і впливають на якість змісту освіти та процес формування особистості студента-громадянина інформаційного суспільства.

Література:

1. Андреев А.А. Применение сети Интернет в учебном процессе // Информатика и образование. – 2005. – № 9. – С. 2-7.

2. Антипов С.В. Современные технологии разработки web-сайтов // Информатика и образование. – 2004. – № 3. – С. 57-60.

3. Биков В.Ю., Руденко В.Д. Операційні системи та мережі шкільних комп'ютерних комплексів: Навч. посібник. – К.: Компас, 1993. – 280 с.

4. Болотов В.А., Сериков В.В. Компетентностная модель: от идеи к образовательной парадигме // Педагогика. – 2003. – №10. – С. 8-14.

5. Жук Ю.О. Системні особливості освітнього середовища як об'єкта інформатизації // Післядипломна освіта в Україні. – 2002. – № 1. – С. 35–37.

6. Богданов А.И., Деренжи Н.Д., Стефанова В.С. Информация и образование в 21 веке // Открытое образование. – 2001. – № 1. – С. 29-32.

7. Галаган В., Кисельов Я., Тимошин Ю. Розвиток інтегрованих інформаційних систем у вищих закладах освіти України // Вища освіта України.

– 2002. – № 1. – С. 26-33.

8. Лебедева М.Б., Шилова О.Н. Что такое ИКТ-компетентность студентов педагогического университета и как ее формировать // Информатика и образование. – 2004. – № 3. – С. 95-100.

9. Молоткова Н.В. Методика формирования информационно-технологической составляющей профессиональной культуры учителя. Дисс. канд. пед. наук. – Тамбов, 2000. – 215 с.

10. Осіпа Р.А. Інформаційно-комп'ютерні технології в освіті: Навч. посібник. – К.: Міленіум, 2005. – 78 с.

11. Царенко О.М. Педагогические основы формирования у будущих учителей умений применять ТЗН в учебно-воспитательном процессе: Автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.09 / Нац. пед. ун-т им. М.П. Драгоманова. – К., 2000. – 19 с.

12. Яшанов С.М. Формирования у будущих учителей умений и привычек самостоятельной учебной работы в процессе использования новых информационных технологий: Автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.09 / Нац. пед. ун-т им. М.П. Драгоманова. – К., 2003. – 20 с.

13. Шелухина А.В. Методические основы внедрения телекоммуникационных технологий в обучении информатики в средней школе. Дисс. канд. пед. наук. – М., 2000. – 73 с.

14. Шиман О.І. Формування основ інформаційної культури майбутніх учителів початкової школи. Автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 2005. – 20 с.

РОЗВИТОК ПЕДАГОГІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ У КОНТЕКСТІ ВИКЛАДАННЯ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

Ю.М. Галатюк
м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет
Halatyuk@ukr.net

Вивчення фундаментальних дисциплін у вищій школі спрямоване, насамперед, на підготовку висококваліфікованого компетентного фахівця, здатного творчо реалізовувати свої знання й уміння, постійно підвищувати власний професійний рівень, орієнтуючись у шаленому потоці нової інформації.

У педагогічній діяльності виділяють три рівні її реалізації: *нормативно-репродуктивний*, *адаптивно-перетворюючий*, *творчо-пошуковий* [4]. Якщо перших два рівні передбачають відтворення раніше засвоєних нормативних моделей професійної діяльності або їхнє використання як орієнтувальної основи, то третій рівень характеризується відходом від шаблонів і стереотипів, пошуком нових ефективних моделей діяльності.

Зрозуміло, що фахова підготовка вчителів фізики має бути спрямована не лише на засвоєння готових нормативних схем професійної діяльності з метою подальшого їх застосування в конкретних ситуаціях з урахуванням чи без урахування їхньої специфіки, а на формування творчого бажання й уміння створювати власні оригінальні підходи щодо виконання професійних завдань. Мова йде про формування професійного мислення, під яким, насамперед, розуміють “інтелектуальну діяльність щодо розв’язування професійних задач” [7, 288]. Одним із основних критеріїв високого рівня фахової підготовки вважається уміння ставити завдання і творчо їх розв’язувати.

У чому полягає феномен педагогічної творчості? Насамперед у спрямованості на вдосконалення існуючих та створення нових форм, методів і засобів педагогічної діяльності, у здатності педагога бачити, відчувати протиріччя навчально-виховного процесу і в орієнтації на пошук найефективніших способів їх вирішення, у таких механізмах активізації педагогічної активності, як розвинута уява, інтуїція, фантазія тощо.

Результати моніторингу професійної діяльності педагогів свідчать про домінування нормативно-репродуктивної та адаптивно-перетворюючої форм її прояву. В науково-методичній літературі [3; 5; 8], як правило, виділяють п’ять рівнів продуктивності викладацької діяльності: репродуктивний, адаптивний, локально-моделюючий знання, системно-моделюючий знання, системно-моделюючий діяльність.

Відповідно, одним із фундаментальних професійних умінь, яким має володіти вчитель середньої школи, а також викладач вищого навчального закладу, є вміння моделювати творчу навчально-пізнавальну діяльність і відповідну власну навчаючу діяльність.

В широкому аспекті педагогічне моделювання необхідно розглядати як засіб реалізації акмеологічної стратегії фахової підготовки в сучасному вищому навчальному закладі [2; 6; 8]. Адже в основі акмеологічної підготовки майбутнього учителя фізики лежить "проектування студентом під керівництвом викладача теоретичної й експериментальної моделі його наступної діяльності як вчителя фізики" [3, 244]. Акмеологічна стратегія навчання будується на основі попереднього виявлення і розробки моделей діяльності і реалізується через розробку й впровадження відповідних технологій професійного навчання. В основі таких технологій лежить сукупність науково обґрунтованих і перевірених на практиці методів, форм і засобів вирішення акмеологічного завдання – засвоєння студентами на найвищому рівні певного виду професійної діяльності [3, с. 196].

У вузькому розумінні педагогічне моделювання – це уміння творчо організовувати навчальний процес з предмету, а точніше пізнавальну діяльність школярів чи студентів у всіх її проявах. Організація навчальної діяльності, поєднання різних її видів у контексті окремого заняття вимагає від учителя належної теоретичної підготовки і неабияких творчих зусиль. Однак практика засвідчує, що формування ефективного педагогічного досвіду є складним системним процесом, і як показує аналіз, він може формуватися або стихійно і неалгоритмізовано, або цілеспрямовано, на основі відповідних технологій.

Підготовка учителів фізики у Рівненському державному гуманітарному університеті здійснюється шляхом поєднання сукупності акмеологічних технологій, спрямованих на формування професійних знань і умінь щодо організації різних видів навчальної діяльності, постановки фізичного експерименту, розв'язування фізичних задач, використання новітніх інформаційних технологій у психологічно-методичному забезпеченні уроку. Як показують результати дослідження, досить ефективним методичним прийомом, який дозволяє активізувати навчальну діяльність студентів і сприяє розвитку їхнього творчого потенціалу, є систематичне залучення їх до моделювання педагогічних ситуацій шляхом виконання творчих педагогічних завдань. Для цього, крім лекційних і практичних занять з методики навчання фізики та лабораторного практикуму з навчального фізичного експерименту, який складається з десяти модулів, уведені спецкурси "Практикум з розв'язування нестандартних фізичних задач", "Основи науково-педагогічних досліджень", "Інноваційні підходи в організації творчої навчально-пізнавальної діяльності з фізики".

Програма спецкурсу "Основи науково-педагогічних досліджень" передбачає методологічну підготовку студентів до творчої, пошукової діяльності, ознайомлення з теоретичними і емпіричними методами педагогічного дослідження, такими як педагогічне моделювання, ідеалізацією, формалізація, системний підхід, історичний аналіз, діяльнісний підхід тощо.

Окремо слід зупинитися на методологічному аспекті педагогічного мо-

делювання. Метод моделювання є одним із основних методів наукового пізнання. Набувши статусу загальнонаукової категорії, моделювання успішно застосовується в усіх сферах наукової і не лише наукової діяльності. Мисленні (ідеальні) моделі є основою теоретичного мислення. В даному контексті педагогічні моделі є основою професійного мислення вчителя, засобом теоретичної рефлексії власної педагогічної діяльності. Будучи представлені матеріалізованими засобами (мовою, знаками), вони є орієнтувальною основою професійної діяльності. Варто відмітити, що модель виконує не тільки евристичну, але й прогностичну функцію, що для нас дуже важливо. Модель може бути як вторинною стосовно модельованої системи (для позначення якої в цьому випадку використовуються також терміни "прототип" і "оригінал"), так і *первинною* стосовно неї. В якості первинних моделей щодо об'єктів, які моделюються, виступають проекти, розпорядження, прогнози і т. ін. Виходячи з цього, можна стверджувати, що моделювання – один з основних засобів, які використовує педагог-дослідник, творчий вчитель, прогнозуючи, передбачаючи, проектуючи навчальний процес в цілому чи окремі його фрагменти. Таким чином, спецкурс "Основи науково-педагогічних досліджень" виконує відповідну пропедевтичну функцію відносно наступного спецкурсу "Інноваційні підходи в організації творчої навчально-пізнавальної діяльності з фізики".

На лекційних заняттях з даного спецкурсу студенти знайомляться з теоретичними засадами організації творчої пізнавальної діяльності на основі системно-структурного аналізу, з основними етапами та технологічними інваріантами [1].

Перший етап – це моделювання фрагмента творчої навчальної діяльності на основі її системно-структурного аналізу. Цей етап має на меті засвоєння студентами технологій проектування різних фрагментів творчої навчальної діяльності, виходячи з парадигми, що організація будь-якого виду навчальної діяльності може бути технологізована, тобто являти собою певну технологічну систему, яка включає в себе систему дидактичних цілей організації даного виду навчальної діяльності; систему дидактичних вимог, дотримання яких забезпечує досягнення системи цілей; систему засобів організації навчальної діяльності, до складу якої входять система засобів проблемно-змістового забезпечення, засобів керування діяльністю, засобів забезпечення зворотного зв'язку (засобів контролю); а також методичні вказівки щодо їх застосування.

Такий підхід ґрунтується на представленні навчальної діяльності як системи, з певною структурою основних компонентів. Модель, яка відображає діяльність, у певній її декомпозиції є одночасно засобом дослідження і результатом проектування.

Педагогічне моделювання творчої навчально-пізнавальної діяльності включає моделювання суб'єкта діяльності, засобів проблемно-змістового забезпечення, процедури діяльності, продукту діяльності, умов діяльності.

Моделювання навчальної діяльності ми розглядаємо як багаторівневий процес, виділяючи при цьому, як мінімум, три рівні: концептуальний, технологічний та рівень педагогічної реалізації.

На концептуальному рівні розробляється ідеальна модель навчальної діяльності як система. Описуються її компоненти і взаємозв'язки між ними. Визначаються дидактичні принципи організації діяльності та психологічні механізми її здійснення, а також аналізуються методологічні і кібернетичні аспекти. Цей рівень моделювання розглядається, як правило, на лекційних заняттях, і модель навчальної діяльності подається студентам у готовому вигляді.

На технологічному рівні визначаються засоби, методи і прийоми реалізації діяльності. Конкретизуються компоненти діяльності: модель суб'єкта, засоби, процедура, умови.

Рівень педагогічної реалізації передбачає розробку проекту на рівні сценарію. Останній конкретно описує дії суб'єктів навчального процесу на кожному етапі діяльності.

Моделювання навчальної діяльності на технологічному рівні і на рівні педагогічної реалізації відпрацьовується студентами на практичних заняттях та під час проходження педагогічної практики.

Потрібно зазначити, що проект, виконаний на найвищому рівні узагальнення (концептуальному рівні), є орієнтувальною основою, своєрідним технологічним інваріантом для проектування на нижчому (технологічному) рівні, а проект технологічного рівня слугує орієнтувальною основою для розробки конкретного сценарію діяльності. Матеріалізованим відображенням результату педагогічного моделювання на технологічному рівні є дидактичний модуль творчої діяльності, який складається з окремих блоків: блок цілепокладання і мотивації, блок проблемно-змістового забезпечення, блок навчаючого впливу або керування діяльністю, інформаційний блок, блок контролю.

Важливим етапом у формуванні практичних умінь і навичок майбутніх вчителів є практична реалізація моделей, розроблених на рівні сценарію. Це здійснюється під час педагогічної практики, а також на практичних заняттях шляхом застосування технології ігрового навчання. Технологія ігрового навчання ґрунтується на ігровому навчанні і діловій навчальній грі. Нагадаємо, що ділова гра – це форма відтворення предметного і соціального змісту професійної діяльності, моделювання системи відношень, характерних для даного виду практики. Засобом ділової навчальної гри здійснюється оцінка педагогічної моделі на її придатність щодо практичної реалізації. Як правило, практика вносить свої корективи в розроблений педагогічний проект, збагачуючи при цьому поки що незначний педагогічний досвід майбутнього вчителя.

Результати, проведеного нами дослідження, свідчать, що описана вище технологія залучення студентів до творчої діяльності на основі педагогічно-

го моделювання сприяє формуванню творчих професійних умінь і навичок. Підвищується чутливість студентів до протиріч педагогічного процесу, з'являється прагнення їх вирішити не шляхом застосування готових моделей і рецептів, а шляхом власного педагогічного пошуку.

Очевидно, що важливим аспектом розглянутої проблеми є розробка і впровадження в навчальний процес суміжних навчальних курсів, об'єднаних єдиною акмеологічною стратегією формування творчого фахівця, системи акмеологічних навчальних технологій, що, власне, і є предметом подальшого дослідження в цьому напрямку.

Література:

1. Галатюк Ю.М. Технологія моделювання творчої навчальної діяльності як засіб фахової підготовки вчителя фізики // Наукові записки. – Випуск 32. Частина І. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2001. – С. 79-83.
2. Деркач А.А., Кузмина Н.В. Акмеология: пути достижения вершин профессионализма. – М.: Просвещение, 1993. – 188 с.
3. Іваницький О.І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі. Монографія. – Запоріжжя: Прем'єр, 2001. – 266 с.
4. Колесник А.Г. Природа педагогічної майстерності та умови її становлення // Проблеми науково-технічної творчості молоді. Наукові записки Ніжинського державного педагогічного інституту. – Ніжин: НДПІ, 1998. – С. 17-20.
5. Кузьмина Н.В. Предмет акмеологии. – СПб: Питер, 1995. – 158 с.
6. Сергєєв О., Богданов І. Акмеологічний принцип: його сутність і призначення // Педагогічні науки. Збірник наукових праць. Випуск 15. Ч. І. – Херсон: Атлант, 2000. – С.147-153.
7. Психологія: Підручник / Ю.Л. Трофімов, В.В. Рибалка, П.А. Гончарук та ін.; за ред. Ю.Л. Трофімова. – К.: Либідь, 1999. – 558 с.
8. Цветкова А.Т. Акмеологические подходы к вузовской подготовке учителей // Педагогика. – 1997. – №1. – С. 56-58.

ДЕЯКІ ІДЕЇ РОЗВИВАЛЬНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ФІЗИКИ

Т.С. Хоменчук, М.В. Остапчук
м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет

«Школа складається з учнів, учителів і їх роботи», – писав Я. Коменський і давав таке визначення навчання: «Учити – робити так, щоб відоме кому-набудь одному стало відомим іншому. Тут потрібні три сторони: 1) той, якого навчають, – учень, 2) той, хто навчає – учитель, що повинен уміти, могти й хотіти вчити, 3) спосіб викладання навчання, до якого відносять приклади, правила й завдання».

У теорії навчання увага приділяється як самому засвоєнню інформації, так і такій організації навчальної діяльності учнів, при якій відбувається розвиток якостей особистості, що створюють можливість до стрімкого пізнання. І. Якиманська дає таке визначення: "Навчання, яке забезпечує повноцінне засвоєння знань, формує навчальну діяльність і тим самим безпосередньо впливає на розумовий розвиток, і є розвивальне навчання".

Постановка теоретичних проблем, пов'язаних із з'ясуванням відношення навчання й розвитку учнів, привела до появи ряду психолого-педагогічних концепцій. Три з них, що склалися до початку 30-х років минулого століття, були докладно описані в роботах Л. Виготського і В. Давидова [2; 5].

В основу першої теорії покладена ідея, згідно з якою розвиток не залежить від навчання. Відповідно до цієї теорії розвиток робить визначенні закінчені цикли. Тому розвиток школяра – скоріше умова, чим результат навчання, розвиток випереджає навчання. Ж. Піаже, один із творців цієї теорії, вважає, що навчання цілком повинне визначатися віковим розвитком дитини, а педагогічні навчальні процеси – процесом «дозрівання» школяра. Такий підхід виключає можливість навіть порушити питання про роль навчання в ході розвитку тих функцій, які активізуються навчанням.

Творці другої теорії дотримуються думки, що навчання і є розвиток, тобто ці поняття тотожні. Кожний крок у навчанні відповідає кроку в розвитку, що зводиться до нагромадження всіляких звичок. У цій теорії всяке навчання, за визначенням, є розвивальним. Виходить, відпадає необхідність диференціювати процеси «навчання» і процеси «розвитку», а в практичному змісті це дуже зручно з погляду репродуктивних методів навчання.

Ці теорії в деякім відношенні є полярними, тому третя теорія виходить шляхом сполучення й усунення крайностей перших двох теорій. Розвиток підготовляє й робить можливим навчання. Навчання, у свою чергу, стимулює розвиток. Наприклад, дитина навчилася виконувати яку-небудь операцію. Тим самим вона засвоїла певний структурний принцип, сфера застосування якого ширша, ніж сама операція. Отже, зробивши "крок у навчанні, дитина просувається в розвитку на два кроки, тобто навчання й розвиток не

співпадають”.

Проаналізувавши третю теорію, Л. Виготський виділив два основних положення. Перше – необхідність визнання взаємозв’язку навчання й розвитку. Розкриття цього положення дозволяє знайти стимулюючий вплив навчання на розвиток і виявити, як певний рівень розвитку сприяє реалізації того або іншого навчання. Друге – необхідність тлумачення феномена розвивального навчання за допомогою положень структурної психології. Суть такого пояснення полягає в тому, що, опановуючи якусь конкретну операцію, дитина разом з тим освоює деякий загальний структурний принцип, границі застосовності якого ширші, чим у даній операції. Л. Виготський свою позицію сформулював у такий спосіб: “Самим істотним для висунутої тут гіпотези є положення, що процеси розвитку не збігаються із процесами навчання, що перші ідуть слідом за другими, створюючи зони “найближчого розвитку”. Наша гіпотеза установлює єдність, але не тотожність процесів навчання й внутрішніх процесів розвитку. Вона припускає перехід з одного в інший ”. Л. Виготський стверджує, що “... істотною ознакою навчання є те, що воно створює зони найближчого розвитку, тобто :викликає у дитини інтерес до життя, пробуджує і приводить в рух ряд внутрішніх процесів розвитку”.

З цієї точки зору навчання – не розвиток, але правильно організоване, воно веде за собою дитячий розумовий розвиток, викликає до життя ряд таких процесів, які поза навчанням зробилися б неможливими. Таким чином, навчання є внутрішньо необхідним і загальним моментом у процесі розвитку в дитини не природних, але історичних особливостей людини.

Звідси й роль учителя Л. Виготський бачив не в тому, щоб штовхати і рухати, а щоб направляти, регулювати, організовувати, вести вперед розвиток. Іншими словам Л. Виготський розумів, що не слід шукати рушійну силу розвитку поза учнем: “В основі виховного процесу повинна бути особиста діяльність учня, і все мистецтво вихователя повинне зводитися до того щоб направляти й регулювати цю діяльність” [6; 4; 8].

Як ми вже відзначали вище, О. Леонтьєв, П. Гальперін, Д. Ельконін, розвиваючи ідеї Л. Виготського створили теорію діяльності, яка привела до кардинального перегляду традиційних поглядів про розвиток і його співвідношення з навчанням. Включення цих процесів у контекст діяльності фактично означало відмову від сутності розвитку дитини до розвитку пізнавальних функцій (мислення, пам’яті, сприйняття і т.д.) і висування на перший план його становлення як суб’єкта та різноманітних видів і форм людської діяльності.

Цей підхід був сформульований на початку 60-х років минулого століття Д. Ельконіним. Аналізуючи навчальну діяльність школярів, він розглядав її своєрідність і сутність не в засвоєнні тих або інших знань і умінь (себе як суб’єкта).

Основою концепції розвивального навчання становить положення про

те, що дитина розглядається не як об'єкт впливу вчителів, а як суб'єкт навчання який самозмінюється, як учень.

Школа В. Давидова пов'язана з розробкою теорії й технології виходу в навчанні за межі конкретики з використанням теоретичного (або змістовного) узагальнення. Основу теоретичного узагальнення становить загальний, істотний зв'язок, що виступає в ролі генетично вихідної системи для всіх власних проявів. У структурі навчальної діяльності, спрямованої на вирішення навчального завдання, істотною характеристикою є оволодіння школярами і теоретично узагальненими рішення деякого класу власних завдань. У закордонній дидактиці, у зв'язку з підвищенням вимог до загальноосвітньої школи, навчальний процес організовується як пошук нових пізнавальних орієнтирів.

Дані закордонних психолого-педагогічних досліджень показують, що нові знання не формуються адитивним шляхом, тобто накладенням нових знань на вже наявні. Їх формування йде через перебудову, переструктурування попередніх знань, відмова від неадекватних представлень, постановку нових запитань, висунення гіпотез. У педагогічних пошуках останніх років особлива увага приділяється спеціальному розвитку мислення, цілеспрямованому формуванню інтелектуальних умінь (розумові вміння), пізнавальним процесам. У більшості штатів США в переліку декларованих цілей навчання виділяється розвиток критичного мислення учнів.

Природно допустити, що подальший розвиток і удосконалення окремих систем навчання, їхня взаємодія й взаємопроникнення буде сприяти створенню нових продуктивних систем навчання.

Які ж основні ідеї навчання, що розвивається, уже сьогодні можуть бути взяті нам і для реалізації розвивального потенціалу фізики?

У якості таких може бути прийнята система принципів, яка характеризує розвиток людини :

– теоретичний характер розвитку;

– провідна роль соціокультурного контексту розвитку;

– провідна роль сенситивних періодів розвитку. Наявність цих періодів становить проблему пошуку відповідного їм предметного змісту, знакового, символьного представлення інформації, а також відповідних цим періодам методів навчання;

– спільна діяльність (учень–вчитель, вчитель–учень, учень–учень) і спілкування як рушійна сила розвитку, як засіб виховання й навчання;

– провідна діяльність, закон зміни типу провідної діяльності при переході від одного вікового періоду до іншого;

– ампліфікація (розширення) дитячого розвитку як необхідна умова різнобічного виховання дитини. Дитині необхідно показати можливість для оволодіння широким спектром різноманітних видів діяльності. У цьому випадку кожний зможе відшукати ті з них, які найбільш близькі його здібностям і задаткам;

– прийняття цінності всіх етапів дитячого розвитку; недопустимість поспішності, квапливості при переході розвитку дитини з однієї щаблини до іншої (від образу до слова, від гри до навчання, від предметної дії до розумової);

– принцип єдності афекту й інтелекту;

– безпосередня роль знаково-символічних структур в утворенні зв'язків між предметами й діями. Безпосередній характер розвитку дитини вимагає виявлення адекватних вікових особливостей дітей зовнішніх засобів (предметів, знаків, символів, моделей і т.п.), внутрішніх способів предметної й розумової діяльності. Тут важливі переходи від зовнішнього до внутрішнього (від предметної дії до думки) і від внутрішнього до зовнішнього (від думки до образу або дії);

– нерівномірність розвитку й формування психічної дії.

Осмислення ідей розвивального навчання можуть бути характерною ознакою сучасного етапу модернізації системи. Все більша кількість педагогів відчувають потребу у відході від традиційних репродуктивних форм навчання до розвивальних, продуктивних. Цей перехід носить найчастіше інтуїтивний, стихійний, безсистемний і недостатньо усвідомлений характер. Звідси випливає необхідність конкретизації ідей розвивального навчання у викладанні шкільних дисциплін, і зокрема, фізики, на різних ступенях навчання.

Ми пропонуємо покласти в основу розвивального потенціалу фізики інформаційний підхід. Він закладений в такий органічні сили навчально-пізнавальної діяльності учнів (школярів), при яких:

– емпіричні (у тому числі життєвий досвід учнів), а потім і теоретичні методи наукового пізнання виступають як джерела інформації (знань), що учні одержують у ході самостійних лабораторних досліджень;

– отримана інформація представляється всіма можливими способами;

– підручники, довідкова й додаткова література, робочі зошити, збірники завдань (тексти задач) розглядаються як джерела інформації, яка представлена неоднорідно, різними способами.

– у процесі послідовної й систематичної трансляції інформації з одного способу подання в інші учні освоюють послідовно всі розумові (інтелектуальні) операції спочатку на конкретному рівні, а потім на абстрактному рівні;

– критерієм оволодіння відповідними розумовими операціями виступають вміння перетворювати інформацію з одного способу представлення в інші.

Результатом такої організації навчальної діяльності є розвиток школярів, що виражається в умінні проводити розумові операції при роботі з будь-якою інформацією (у тому числі, і змістом навчального предмету), представленої різними способами, а також оволодіння методами самостійного одержання нових знань, як у ході проведення експериментальних досліджень, так і при роботі з іншими джерелами інформації.

Література:

1. Про підсумки застосування психолого-педагогічної системи “Розвивальне навчання” (Ельконіна Д.Б., Давидова В.В. та інш.) у загальноосвітніх навчальних закладах України: Наказ Міністерства освіти і науки України // Директор школи України. – 2003. – №4. – С. 26-37.

2. Даниленко Л. Розвивальне навчання в системі педагогічних інновацій // Завуч. – 2001. – № 20–21 (лип.) – С. 5-6.

3. Горностаев П.В. От Конфуция до наших дней: проблема развития учащихся // Педагогика. – 2002. – № 7 – С. 40- 48.

4. Войнтрауб М. Нове в розвиваючому навчанні // Шлях освіти. – 1999. – №2. – С. 33-34.

5. Бондар Л. Удосконалення системи розвивального навчання в школі // Завуч. – 2001. – № 20-21.

6. Баханов К. Технологія розвивального навчання: Методика. Практика. Досвід // Історія в школах України. – 2001. – №1. – С. 21-25.

7. Дусавицький О. Система розвивального навчання в дзеркалі шкільної практики // Завуч. – 2002. – №2 (січ.).

8. Сак А.А. Розвиваюче навчання // Обдарована дитина. – 1999. – №6. – С. 16-17.

ВИВЧЕННЯ МКТ ЗАСОБАМИ ІКТ В КУРСІ ФІЗИКИ 10 КЛАСУ

В.В. Білошкурський
м. Умань, Уманський державний педагогічний університет
ім. Павла Тичини
supervaliko@mail.ru

Фізика є фундаментальною наукою, яка вивчає загальні закономірності перебігу природних явищ, закладає основи світорозуміння на різних рівнях пізнання природи і дає загальне обґрунтування природничонаукової картини світу. Сучасна фізика, крім наукового, має важливе соціокультурне значення. Вона стала невід'ємною складовою культури високотехнологічного інформаційного суспільства. Фундаментальний характер фізичного знання як філософії науки і методології природознавства, теоретичної основи сучасної техніки і виробничих технологій визначає освітнє, світоглядне та виховне значення шкільного курсу фізики як навчального предмета. Завдяки цьому в структурі освітньої галузі вона відіграє роль базового компонента природничонаукової освіти і належить до інваріантної складової загальноосвітньої підготовки учнів в основній і старшій школах.

Загальновизнаною ідеєю сучасного навчання вважається його відповідність розвитку науки, а також науковим методам пізнання. Історично у класичній фізиці склалося так, що спочатку нагромаджувалися факти, які потім систематизувалися й узагальнювалися. На їх підставі вчені висловлювали концептуальні ідеї, пропонували теоретичні моделі, завдяки яким факти отримували певну інтерпретацію. Згодом встановлювалися закони, формулювалися принципи, на основі яких створювалися теорії. Такий пізнавальний цикл фізики спрямовувався на пояснення фізичних явищ і процесів оточуючого світу загалом, а також супроводжувався практичним використанням фізичного знання для створення технічних засобів діяльності людини і виробничих технологій.

Саме тому шкільний фізичний експеримент є провідним методом навчання фізики. Розглянемо приклад поєднання віртуального та реального фізичного експерименту на уроці з вивчення основ МКТ.

Тема: Основні положення молекулярно-кінетичної теорії

Мета уроку: *ознайомити учнів із основними положеннями молекулярно-кінетичної теорії та їх дослідним підтвердженням.*

Тип уроку: *урок вивчення нового матеріалу.*

План викладення нового матеріалу:

1. *Основні положення МКТ.*

2. *Дослідні підтвердження МКТ.*

3. *Основна задача МКТ.*

4. *Ідеальний газ.*

І. Викладення нового матеріалу

1. Основні положення МКТ. Молекулярно-кінетична теорія зародилася в XIX ст. з метою пояснити будову та властивості речовини на основі уявлення про те, що речовина складається з дрібних частинок – молекул, які безперервно рухаються та взаємодіють одна з одною. Особливих успіхів ця теорія досягла у поясненні властивостей газів.

Молекулярно-кінетичною теорією називають вчення, що пояснює будову та властивості тіл рухом і взаємодією частинок, з яких складаються тіла. В основі МКТ – три найважливіші положення:

1) усі речовини складаються з молекул;

2) молекули перебувають у безперервному хаотичному русі;

3) молекули взаємодіють одна з одною.

2. Дослідні підтвердження МКТ. Припущення про молекулярну будову речовини підтверджувалося лише побічно. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії газів добре узгоджувалися з експериментом. Сьогодні техніка досягла рівня, за якого можна роздивитися навіть окремі атоми. Переконатися в існуванні молекул і оцінити їхні розміри можна досить просто. Помістімо крапельку олії на поверхню води. Масляна пляма буде розтікатися поверхнею води, але площа масляної плівки не може перевищувати певного значення. Природно припустити, що максимальна площа плівки відповідає масляному шарові товщиною в одну молекулу.

Переконатися в тому, що молекули рухаються, можна зовсім просто: капніть крапельку парфумів в одному кінці кімнати, і через кілька секунд цей запах пошириться по всій кімнаті. (Демонструємо учням рух молекул [3]). В оточуючому нас повітрі молекули рухаються зі швидкістю артилерійських снарядів – сотні метрів на секунду. Дивною властивістю руху молекул є те, що він ніколи не припиняється. Цим рух молекул істотно відрізняється від руху оточуючих нас предметів: адже механічний рух неминуче припиняється внаслідок тертя. На початку XIX ст. англійський ботанік Броун, спостерігаючи в мікроскоп частинки пилка, завислі у воді, помітив, що ці частинки перебувають у «вічному танці». Причину так званого «броунівського руху» зрозуміли тільки через 50 років після його відкриття: окремі удари молекул рідини об частинку не компенсують один одного, якщо ця частинка достатньо мала. З тих пір броунівський рух розглядається як наочне дослідне підтвердження руху молекул. (Вчитель демонструє модель Броунівського руху, для кращої наочності, ми пропонуємо показати демонстрації з використанням ІКТ [4].)

Якби молекули не притягалися одна до одної, не було б ні рідин, ні твердих тіл – вони просто розсипалися б на окремі молекули. З іншого боку, якби молекули тільки притягалися, вони «злипалися» б у надзвичайно щільні згустки, а молекули газів під час ударів об стінки посудин «прилипали» б до них. Взаємодія молекул має електричну природу. Хоча молекули, загалом, електрично-нейтральні, розподіл позитивних і негативних електричних зарядів у них такий, що на великих відстанях (у порівнянні з розмірами са-

мих молекул) молекули притягаються, а на малих відстанях – відштовхуються. Спробуйте розірвати сталеву або капронову нитку перерізом 1 мм^2. Навряд чи це вдасться, навіть якщо напружити всі сили, хоча зусиллям вашого тіла «протистоять» сили притягання молекул у малому перерізі нитки.

3. Основна задача МКТ. Параметри газу, пов'язані з індивідуальними характеристиками молекул, які його складають, називаються мікроскопічними параметрами (маси молекул, їх швидкості, концентрація).

Параметри, що характеризують стан макроскопічних тіл без урахування їхньої молекулярної будови, називаються макроскопічними параметрами (об'єм, тиск, температура).

Основна задача молекулярно-кінетичної теорії — встановити зв'язок між мікроскопічними та макроскопічними параметрами речовини, і, виходячи з цього, знайти рівняння стану даної речовини.

4. Ідеальний газ. Звичайно в основі побудови будь-якої теорії лежить метод моделей, який полягає в тому, що замість реального фізичного об'єкта або явища розглядають його спрощену модель. У МКТ газів використовується модель ідеального газу. (Демонструємо учням фільм про ідеальний газ [5].)

З точки зору молекулярних уявлень, гази складаються з атомів або молекул, відстані між якими значно більші за їхні розміри. Унаслідок цього сили взаємодії між молекулами газів практично відсутні. Взаємодія між ними фактично відбувається лише під час короткочасних зіткнень.

Оскільки взаємодія молекул ідеального газу зводиться лише до короткочасних зіткнень і розміри молекул не впливають на тиск і температуру газу, ми можемо вважати, що *ідеальний газ – набір не взаємодіючих матеріальних точок.* Тобто ідеальний газ – це абстракція, введення якої зумовлене тим, що теоретично врахувати одночасний рух, взаємодію й розміри молекул газу вкрай складно. Реальні розріджені гази поводяться подібно до ідеального газу. Далі хід уроку іде згідно вимог типу уроку.

Даний урок з використанням ІКТ було проведено в ЗОШ №3 м. Умані. Учні гарно сприймали навчальний матеріал, і завдяки наочності, набагато краще запам'ятали всі досліди, що довела актуалізація знань на наступному уроці.

Література:

1. Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Фізика 10 кл: Підручник для загальноосвітніх навч. зал. – К.; Ірпінь: Перун, 2002. – 296 с.
2. Кирик Л.А. Уроки фізики. 10 клас. – К.: Ранок, 2004. – 336 с.
3. Квазар Мікро "Бібліотека електронних наочностей. Фізика 10-11 клас" – 1.1. Основи молекулярно-кінетичної теорії – 1.1.1. Основи МКТ.
4. Там само, 1.1.3. Броунівський рух.
5. Там само, 1.1.5. Ідеальний газ.

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ КУРСУ “ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ЗАСОБИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ”

М.Г. Новік, М.В. Моісеєнко
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
m_v_moiseenko@yahoo.com

З 2005 р. згідно до наказу Міністерства освіти і науки України від 22.04.2005 р. №248 у Криворізькому державному педагогічному університеті розпочався експеримент по впровадженню Програми “Intel® Навчання для майбутнього”. На фізико-математичному факультеті відповідно до пропозицій Н.В. Морзе [1] моделлю впровадження Програми було вибрано двотижневу обчислювальну практику, а з 2007-2008 н.р. для студентів четвертого курсу спеціальності 6.010100 “Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика” базовий курс “Інформаційно-комунікаційні засоби навчання фізики”, розрахований на 34 аудиторних години. Такі зміни навчального плану дозволили студентам більш ґрунтовно обміркувати структуру своїх проектів та створити значно якісніші від попередніх портфоліо. Слід однак виділити низку проблем, з якими зіткнулися студенти під час опанування методу проектів:

1. Перші труднощі практично всіх студентів пов’язані з вибором теми та змісту проекту. При цьому студенти з високим рівнем знань базових розділів елементарної фізики відразу намагалися “охопити неосяжне”, кількість завдань (а відповідно і груп учнів) перевищувала розумні межі. У студентів з низьким рівнем знань, навпаки, спостерігався брак ідей. Таким чином, без допомоги викладача на цьому етапі створення проекту студенти обійтися не можуть.
2. Наступна проблема – формулювання ключового та тематичних питань – пов’язана як з рівнем фізичних знань студентів, так і з нечітким розумінням відмінностей між цими поняттями.
3. Після подолання перших двох проблем і розробки попереднього варіанту плану проекту студенти створюють учнівські приклади презентації, публікації та Web-сайту, часто відводячи цим документам головну роль проекту, недооцінюючи при цьому дидактичні й методичні матеріали. На наш погляд, цієї проблеми можна уникнути, якщо поміняти місцями модулі 4-6 і 7-9 при використанні базового посібника [2].
4. Більшість студентських проектів не є інтегрованими, тобто містять лише завдання з фізики чи астрономії, що безперечно є недоліком. Щоб його усунути, студентам варто проглянути, в першу чергу, шкільні підручники з інших предметів та розширити проект завданнями, які б охоплювали суміжні з фізикою напрямки.
5. Під час створення електронних документів дається взнаки різний рівень підготовки студентів до роботи з комп’ютерним пакетом Microsoft

Office. Розв'язати цю проблему допомагають вже згадані посібники [2] та [3].

6. Ще одна проблема – підбір і дозування в презентації вчителя та в учнівських прикладах графічних й анімаційних ефектів. Досить часто студенти кидаються у крайності – або надзвичайно перевантажують проект ефектами, або взагалі їх уникають. В першому варіанті вкрай складно усвідомити зміст повідомлення, "захованого" під нагромадженням картинок, фотографій, анімацій – тобто всі зусилля студент прикладає до створення форми подачі матеріалу, недбало ставлячись при цьому до фізичного змісту. В другому випадку матеріал подається лише у текстовому вигляді, а малюнки, схеми, таблиці, графіки, анімації тощо відсутні взагалі. Таким чином, майбутній вчитель, звісно, не зацікавить учнів фізичною проблемою, рівень виконання завдань проекту прогнозовано буде низький, а учні будуть вважати фізику складною нецікавою наукою. Як правило, це показник недостатнього рівня комп'ютерної грамотності студента (згідно п. 4), який, до речі, не завжди корелює з рівнем знань із фізики. Проект студента-відмінника з фізичних дисциплін, однак з низьким рівнем знайомства з Microsoft Office, виглядає цікавим змістовно і нецікавим за формою.

7. Створюючи презентацію вчителя, студенти часто поверхово продумують структуру цього документу, не дотримуються правил методики навчання фізики, порушують логіку постановки завдання. Розробка інструкцій для груп учнів, котрі повинні проводити дослідження біографічних, теоретичних проблем, питань пояснення та застосування фізичних явищ і процесів у народному господарстві та побуті – також одна зі студентських проблем при створенні портфоліо. І хоча майже не виникає труднощів при написанні інструкцій до проведення класичних експериментів – як правило, такі інструкції студенти можуть досить легко знайти в методичній літературі, – однак розробка методичних рекомендацій до проведення нестандартного досліду вимагає від студентів високого рівня підготовки як з фізичних, так і методичних дисциплін. Ще один "камінь спотикання" – створення для учнів тестових завдань при актуалізації опорних знань перед початком досліджень, та підсумкового контролю на завершальних етапах проекту. На нашу думку, одна з головних причин наведених в цьому пункті проблем пов'язана з відсутністю педагогічного досвіду навчально-виховної роботи студентів з учнями. Можливо, слід вивчати даний курс після педагогічної практики студентів четвертого курсу, а застосовувати здобуті знання методу проектів вже під час практики п'ятого курсу. Недоліком нашої пропозиції є неможливість впровадження цієї методики у середніх класах (згідно навчального плану під час проходження педагогічної практики студенти четвертого курсу працюють з учнями 7-9 класів, а п'ятого курсу – з учнями 10-11 класів). Однак ніщо не заважає в майбутній роботі вже вчителями фізики використовувати метод проектів у будь-яких класах.

Для підвищення ефективності вивчення цієї дисципліни та подальшого

застосування здобутих знань, вмінь та навичок у подальшій педагогічній діяльності, на наш погляд варто висунути декілька додаткових вимог до проектів:

- При вивченні учнями розділів фізики не слід замінювати класичний підхід методом проектів, а краще використовувати їх паралельно. На першому уроці вчитель ставить перед учнями проблему, а її вирішення відбувається поступово як на уроках, так і при проведенні учнями самостійних та групових досліджень.
- Для вирішення проблеми оптимальним є об'єднанням учнів класу у 5-10 груп. Менша кількість груп призведе до великої кількості в них учнів, що, в свою чергу, по-перше, змусить вчителя формулювати надто загальні завдання, а по-друге, не гарантує активної роботи усіх членів групи. Більша кількість груп також недоречна – не всі дослідження можна виконати лише в парі, та й корисне обговорення (мозкова атака) проблеми та шляхів її вирішення буде вкрай важким.
- Групи формуються за такими основними напрямками: історики (дослідження біографії вчених та історії відкриття фізичних законів, явищ, процесів та їх пояснення, створення механізмів, пристроїв, приладів тощо), аналітики (розв'язування задач дослідницького характеру), експериментатори (експериментальна перевірка законів фізики, проведення дослідів з об'єктами, що вивчаються, створення та/чи дослідження моделей (матеріальних і комп'ютерних) та механізмів тощо), та дослідники застосування об'єкту дослідження у різних галузях народного господарства, у побуті, прояві у природі або, навіть, у мистецтві чи літературі (назва групі дається відповідно до області дослідження. Наприклад: космонавти, металурги, екологи, мистецтвознавці і т.п.). При цьому базові теоретичні знання учні отримують на уроках, а далі поглиблюють їх самостійним і груповим пошуком, якщо для виконання завдання базових недостатньо.
- Вибір форми представлення звіту про виконання досліджень та отримані результати повинні робити не учні, а вчитель. На наш погляд, групи експериментаторів і аналітиків звітують усною доповіддю за допомогою електронної презентації, створеної у Microsoft Office PowerPoint. Групам істориків та інших дослідників зручніше подати свої здобутки у вигляді публікацій або спільної для декількох груп однієї публікації (буклети, стінна газета тощо), створених у Microsoft Office Publisher. Звичайно, вибір форми звітності залежить від специфіки поставленого групі завдання.
- Крім зазначених у попередньому пункті звітів, учні спільно створюють Web-сайт, який складається зі: сторінки-привітання (домашня сторінка), сторінок кожної групи, гостьової (сторінка зворотного зв'язку). Передбачається, що проект бажано розвивати. Таким чином, на Web-сайті буде додаватися інформація, кількість сторінок відповідно буде збільшуватись. Для створення домашньої та гостьової сторінок зі складу груп виділяється тимчасова група дизайнерів (відокремлення її на початку проекту ми вважа-

ємо некоректним, бо тоді учні, що входять в цю групу не виконують ніяких фізичних досліджень).

- Створення таких груп, як літератори чи мистецтвознавці, дає можливість вчителю створити мотивацію до вивчення фізики в учнів гуманітарного спрямування. Такі учні можуть досліджувати, наприклад, де і як згадуються фізичні явища у художній літературі, шукати хибні "фізичні" твердження у фантастиці, створити власний кросворд з фізичної тематики і представити його на сторінці учнівської газети (відповіді на питання кросворду можна помістити на гостьову сторінку учнівського Web-сайту). Для учнів спортивного спрямування завдання можуть містити дослідження фізичних основ руху та інших процесів організму людини під час виконання спортивних вправ.
- Бажано, щоб проект містив крім групових, також і індивідуальні завдання – це дасть можливість вчителю виявити рівень вміння учня виконувати самостійну пошукову роботу.
- Для зручності виставлення оцінок вчитель створює у Microsoft Office Excel електронну форму оцінювання. При цьому сумарна кількість балів з усіх критеріїв оцінювання презентації і публікації відповідно повинна співпадати – це не лише полегшує написання формул обрахунку оцінки, а й попереджує виникнення суперечок між групами учнів з різною формою звітності. Сумарна кількість балів за створення сторінки Web-сайту може відрізнятися від сумарної кількості балів за презентацію чи публікацію (всі групи виконують цей вид роботи), однак не повинна суттєво відрізнятися від них, щоб не знецінювати в очах учнів якийсь з видів роботи.
- Ще однією формою звітності можуть виступати так звані "Путівники по…".

Для ілюстрації вищенаведених міркувань розглянемо проект, створений авторами. Повна презентація даного проекту є метою іншої публікації – тут ми зупинимось лише на деяких особливостях створеного портфоліо.

Це інтегрований проект, який охоплює розділи шкільних предметів: фізика, інформатика, математика, хімія, географія, література. Тема проекту „Теплові явища", він розрахований для учнів 8-х класів загальноосвітніх середніх шкіл з терміном виконання – 3 тижні.

Перед початком досліджень учні об'єднуються за власними інтересами (але під керівництвом учителя) у 6 груп: теоретики, практики, аналітики, лірики, експериментатори, дослідники. Виконання завдань проекту вимагає наявність у школярів базових знань з теми «Теплові явища», які в ході досліджень поглиблюються. При цьому особлива увага приділяється виявленню зв'язку вивчених явищ з побутовою діяльністю людини. Під час роботи над проектом учні вдосконалюють вміння пошуку, аналізу та компонування інформації, вдосконалюють комунікативні здібності, вчаться функціонально використовувати можливості комп'ютера та програмних засобів для розв'язання практичних задач.

Оформлення результатів досліджень передбачається як у вигляді учнівських презентацій, публікацій, Web-сайту, так і створення путівника по тепловим явищам на кухні. Путівник міг бути розпочатий в попередньому проекті 7-го класу, присвяченому розділу “Механіка”, і при подальшому вивченні фізики буде доповнюватися, а наприкінці 11 класу перетвориться, таким чином, у “Фізичний путівник по квартирі”. Він являється електронним документом, створеним за допомогою Microsoft Office PowerPoint. Зображення головної сторінки представлена на рис. 1.

Рис. 1. Головна сторінка “Путівника по кухні”

Путівник містить інформацію, яку повинні знайти учні про кухонне обладнання: принцип дії холодильника та газової плитки, історія винаходу термометра, порівняння з точки зору фізики ефективності різного кухонного приладдя. Цікавим є дослідження такого важливого для учнів об’єкту як морозиво. Можливий результат фізичного аналізу, зробленого учнями, представлений на рис. 2.

Автори мають надію, що міркування, викладенні в цій статті, допоможуть при впровадженні програми “Intel® Навчання для майбутнього” як у школі, так і при підготовці майбутніх вчителів фізики.

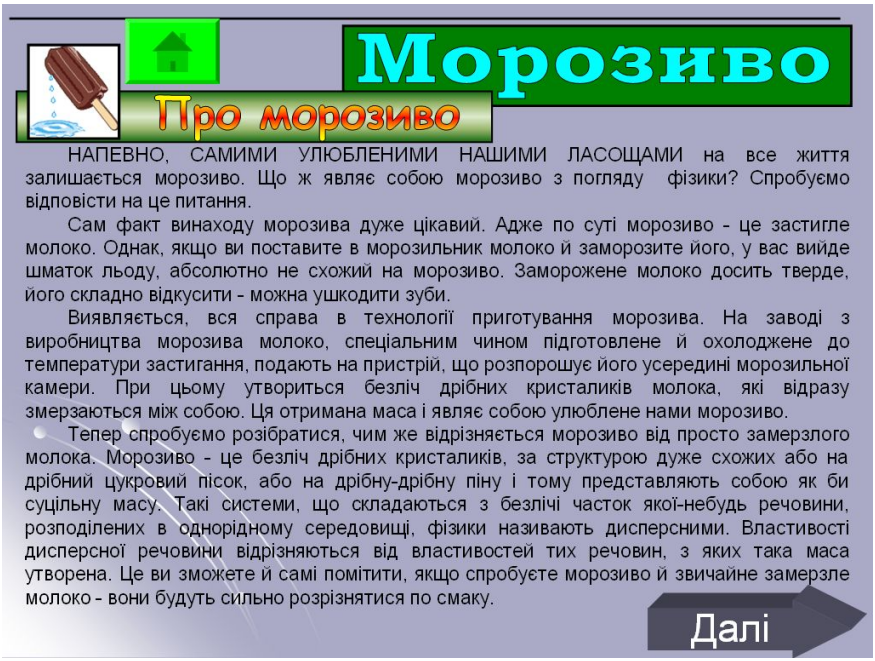


Рис. 2. Сторінка “дослідників морозива”

Література:

1. Морзе Н.В. Особливості навчання майбутніх вчителів ефективному використанню інформаційно-комунікаційних технологій у навчальному процесі // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету ім. П. Тичини. – К.: Міленіум, 2005.
2. Нанаєва Т. Intel® Навчання для майбутнього. – К.: Нора-прінт, 2005. – 416 с.
3. Глинський Я.М. Практикум з інформатики: Навч. посіб. – 8-е оновл. вид. – Львів: Деол, СПД Глинський, 2005. – 296 с.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПРОЕКТІВ У СПРИЯННІ ФОРМУВАННЯ НАВИЧОК ВИСОКОГО МИСЛЕННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ

Г.П. Половина, О.Л. Камнєв
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Щоб досягти бажаних результатів у навчально-виховному процесі з фізики, вчителі використовують різні методи, наприклад, виконання учнями творчих робіт. Ця самостійна робота є втіленням усвідомленого мотиву отримання нових знань і одночасно шляхом до самоосвіти [1, 204]. Але серед шкільних предметів природничого циклу захоплення нею не є найбільшим. Зараз на першому місці – інформатика. І якщо вчитель фізики, керуючись вимогами Законів України "Про освіту", "Про загальну середню освіту", Національної доктрини розвитку освіти, прагне формувати особистість творця нового інформаційного суспільства, компетентного, здатного до прийняття самостійних рішень, самореалізації та самоосвіти, він використовуватиме нові інформаційні технології.

За останнє десятиліття в напрямку використання цього інноваційного методу набуто досвіду в читанні лекцій [2, 33], [3, 66], [5, 87], [6, 58], та проведенні практичних і лабораторних занять [4, 71].

Вже є наробки стосовно ролі інформаційно-комунікативних технологій у формуванні та посиленні інтересу в учнів до вивчення фізики.

Ми зупинимось на використанні вчителем фізики проектної технології, що дає можливість забезпечити розвиток учня як цілісної особистості, котра прагне максимальної реалізації своїх можливостей, котра вчиться працювати самостійно, застосовуючи набуті знання на практиці.

Про використання проектних технологій в навчально-виховній роботі вчителя є публікації [8, 152], [9, 2], але цей інноваційний підхід потребує подальшого дослідження.

Ми вибрали тему "Електростатика", при вивченні якої і був застосований метод проектів. Метою даної роботи є дослідження факторів формування і підтримки в учнів пізнавального інтересу.

Розглянемо проект, який був виконаний учнями 10 класу під час вивчення електростатики. Проект мав девіз: "Невже, людство, знаючи про такий величезний електричний заряд Землі ($57 \cdot 10^4$ Кл) та її потенціал ($8 \cdot 10^8$ В) не здійснило спробу використати їх?" Час виконання проекту – 4 тижні.

Перед початком вивчення теми з урахуванням рівня підготовки, вже існуючого інтересу і бажання працювати самостійно клас був розбитий на групи "теоретиків", "винахідників" ("експериментаторів") та "екологів".

"Теоретики" повинні були підготувати відповіді на такі питання:

- Як заряджена Земля?

- Який механізм зарядки?
- Чи мають електричний заряд інші планети Сонячної системи?
- Розробити модель вимірювання заряду, напруженості, потенціалу та ємності Землі.
- Висунути власну гіпотезу механізму зарядки Землі.
- Пояснити принцип дії електрофорної машини.

“Експериментатори” повинні були виміряти деякі характеристики електричного поля Землі:

- Здійснити експериментальні вимірювання, щоб переконатись, що гіпотеза теоретиків справджується.
- Створити віртуальну модель електрофорної машини, яка б допомогла зрозуміти, як розділяються в ній заряди.
- Розв’язати оригінальні задачі з даної теми.

“Екологи” мали з’ясувати наслідки дії електричного і електростатичного полів на живі організми, і зокрема на людину, а також дати рекомендації щодо захисту від цих полів та з їх використання.

“Винахідникам” треба було запропонувати ідеї стосовно використання енергії електричного поля Землі та створити діючу модель механізму зарядження Землі.

Аналізуючи результати впровадження в навчальний процес описаного проекту, ми відмічаємо такі факти:

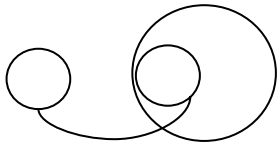
1. Опрацьовуючи літературні джерела про фізику Землі, учні хотіли знайти докладне теоретичне пояснення причин існування електричного заряду Землі, але вони знайшли лише гіпотези різних авторів, проте стрункої теорії знайдено не було. Аналізуючи їх, наші “теоретики”стали на бік тих, хто твердять, що причиною зарядження Землі є грозові розряди і як доказ дають відповідні розрахунки.

2. Крім того, “теоретики” висунули свою гіпотезу щодо зарядження Землі, а “експериментатори” реалізували цю ідею. І хоч експериментально гіпотеза теоретиків не підтвердилась, та в пошуках істини і “теоретики” і “експериментатори” заглибилися в теорію електризації тіл. Гіпотези учнів стосовно електризації Землі засновувалась на електризації тертям Землі об власну атмосферу. Експеримент проводили з диском, що міг обертатись навколо власної вісі завдяки силам пружності при закручуванні і розкручуванні нитки. Частоту обертання диску визначили за допомогою стробоскопу. Наявність зарядів вимірювали електрометром.

Експеримент з електризацією тертям викликав інтерес до питання про електризацію через вплив та про розділення зарядів різних знаків між кондукторами електрофорної машини, і зокрема про те, як визначити, на якому кондукторі заряд якого знаку (в інструкції до машини є метод визначення заряду по кольору свічення біля кондукторів, яке треба спостерігати в темряві).

Вчителем був запропонований такий експеримент: кондуктори елект-

рофорної машини закрити білим папером і між ними поставити свічку, яка даватиме полум'я із сажею. Сажа осідатиме лише на одному кондукторі працюючої машини. Чому саме? На кондукторі із зарядом якого знаку осідає сажа? На це питання учні не змогли дати відповідь, поки не узнали про явище термоелектронної емісії. Ось тоді вони зрозуміли і суть вказаного експерименту, а також зрозуміли, чому Сонце заряджене позитивно.



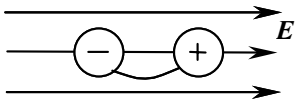
Результати роботи "теоретиків" та "експериментаторів", про яку сказано вище, були висвітлені за допомогою комп'ютерної презентації "Електричне поле Землі". З цими дослідженнями познайомилась команда учнів, котрі розв'язували оригінальні задачі, пов'язані з електростатикою.

З умовами задач, поясненнями до їх розв'язків можна було познайомитися з публікації учнів "А чи так вже гарно знаєте Ви, що таке потенціал?"

В першій публікації – цікаві якісні задачі, такі, що навіть знайомство з їхніми розв'язками мало поглибити знання учнів із цього питання.

Наведемо як приклад декілька задач [9, 32].

Задача 1. Чи завжди між провідником, зарядженим позитивно та провідником, зарядженим негативно, є різниця потенціалів?

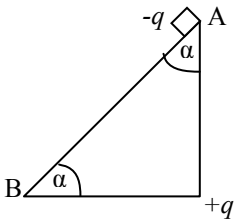


Розв'язок: В однорідне електричне поле вміщуємо дві незаряджені провідні кулі і з'єднуємо їх провідником. Кулі А та В зарядились за індукцією під дією зовнішнього електричного поля. Різниця потенціалів між цими зарядженими кулями відсутня.

Задача 2. Є заряджена сфера. Чи залежить потенціал у центрі сфери від розподілу зарядів на сфері?

Розв'язок: Не залежить. Заряджена сфера є еквіпотенціальною поверхнею.

Задача 3. По гладкій похилій площині, що утворює кут α = 45° з горизонтом, з точки А зісковзує невелике тіло, що несе заряд $-q$. Чи вплине на його швидкість у основи похилої площини (в точці В) заряд $+q$, закріплений так, як показано на малюнку?



Розв'язок: Оскільки початкова і кінцева точки траєкторії тіла мають однакові потенціали, то впливу на швидкість не буде.

Задача 4. Два провідники мають потенціали φ_1 = +100 В і φ_2 = +50 В. Чи завжди позитивні заряди з провідника 100 В будуть переходити на провідник 50 В?

Розв'язок: Все залежить від конфігурації провідників. Якщо провідник з потенціалом 100 В буде у вигляді сфери з отвором, то введений в цю сферу провідник з потенціалом 50 В віддасть всі свої заряди провіднику з поте-

нціалом 100 В.

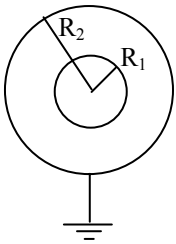
Група “Олімпійців” зробила публікацію розв’язаних задач олімпіади обласного та республіканського рівня. Це дало можливість познайомити інших учасників проекту із задачами високого рівня та їх розв’язками.

Наведемо приклад однієї із задач, які розв’язали “олімпійці”.

Задача. Всередині провідної незарядженої сфери радіуса R_2 знаходиться куля радіуса R_1, заряджена до потенціалу φ_1. Чому буде дорівнювати потенціал кулі в двох випадках:

1) якщо заземлити сферу;
2) якщо з’єднати кулю і сферу провідником?

Розв’язок:



1. Якщо сфера заземлена, то потенціал її відносно Землі рівний нулеві. Так як потенціал кулі до заземлення був рівний φ_1, то на кулі знаходився заряд $q_1 = 4\pi\varepsilon_0 R_1 \varphi_1$. Позначимо через q_2 – заряд, що перейде на сферу після заземлення.

Так як потенціал сфери рівний нулеві, то це може бути тоді, коли на внутрішній частині сфери під дією електричного поля кулі будуть наведені заряди і створять якийсь потенціал та ще на сферу перейдуть заряди з Землі.

Потенціал сфери під дією електричного поля зарядженої кулі

$$\varphi_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{R_2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{4\pi\varepsilon_0 R_1 \varphi_1}{R_2} = \varphi_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

При заземлені сфери і переходу на неї заряду q_2 матимемо потенціал

$$\varphi_2^{//} = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$$

Тому умова рівності нулеві потенціалу заземленої сфери:

$$\varphi_1 \frac{R_1}{R_2} + \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = 0 .$$

Звідси $q_2 = -4\pi\varepsilon_0 R_1 \varphi_1 = -q_1$

Це означає, що електричне поле за межами сфери відсутнє. Куля і сфера – це сферичний заряджений конденсатор.

Потенціал кулі в цьому випадку:

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = \varphi_1 - \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = \varphi_1 \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right).$$

2. Куля і сфера з’єднані провідником, їхні потенціали будуть рівні. Це значить, що поле між кулею і сферою відсутнє, а тому, заряд кулі рівний нулеві.

Знайдемо потенціал кулі в цьому випадку.

Нехай після з`єднання на сферу перейде заряд q_3, а на кулі залишиться заряд $q_1 - q_3$.

Умову рівності потенціалів кулі та сфери можна записати так:

$$\frac{q_1 - q_3}{4\pi\varepsilon_0 R_1} + \frac{q_3}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = \frac{q_1 - q_3}{4\pi\varepsilon_0 R_2} + \frac{q_3}{4\pi\varepsilon_0 R_2}.$$

Звідси слідує, що $(q_1 - q_3)(R_2 - R_1) = 0$, так як $R_2 - R_1 \neq 0$, то $q_1 = q_3$

Таким чином, потенціал кулі після з'єднання з незарядженою сферою:

$$\varphi_3 = \frac{q_3}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = \varphi_1 \frac{R_1}{R_2}.$$

Використання проектного методу навчання при вивченні електростатики дало можливість сформулювати творчі завдання та розподілити їх між учнями за рівнем складності та глибиною занурення у фізику, це сприяло диференціації навчання, а значить, можливості залучення до навчального процесу всіх учнів.

Проектний метод сприяв науковій творчості учнів, бо створювались такі умови, коли учень самостійно розробляв проект та рухався власною траєкторією, а в разі необхідності сам собі підбирав партнерів ("винахідників", "експериментаторів").

Проектна діяльність учня створює самостійний творчий результат, що має суб'єктивну цінність.

Вже при захисті проекту було видно, що цей підхід до навчання формує мислення високого рівня. Це було видно по тому, що розв'язання однієї проблеми породжувало нові (електризація Землі, Сонця).

Учні давали більш глибокі відповіді про фізичний зміст напруженості, потенціалу електричного поля, про електроємність. Вони знаходили причинно-наслідкові зв`язки між фізичними величинами, класифікували та інтерпретували результати та прагнули будувати стратегії.

Література:

1. Ильин В.А., Большунова И.В. Новый метод обучения. Мультимедийные лекции // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка. Випуск 36. Серія: Педагогічні науки: збірник у 2-х томах. – Чернігів: ЧДПУ, 2006. – №36. – Т. 2. – 116 с.
2. Половина Г., Коновал О., Тополя І. Мотивоване управління самостійною діяльністю учнів при виконанні творчих робіт // Наукові записки. Випуск 72. Ч. 2. Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВУ КДПУ ім. В. Винниченка, 2007. – С. 204–209.
3. Пасічник Ю.А. Створення дидактичних матеріалів до лекції з фізики при використання Інтернету // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка. Випуск 36. Серія: Педагогічні науки: збірник у 2-х томах. – Чернігів: ЧДПУ, 2006. – №36. – Т. 2. – 116 с.
4. Мірошниченко І.Г. Прості навчальні комп`ютерні програми для вивчен-

ня навчальної радіоелектронної апаратури // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка. Випуск 36. Серія: педагогічні науки: збірник у 2-х томах. – Чернігів: ЧДПУ, 2006. – № 6. – Т. 2. – 116 с.
5. Роздобутько М.О. Використання прикладних програм для ЕОМ у викладанні фізики // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка. Випуск 36 Серія: Педагогічні науки: збірник у 2-х томах. – Чернігів: ЧДПУ, 2006. – №36. –Т. 2. – 116 с.
6. Єчкало Ю.В. Комп'ютерне моделювання у профільному навчанні фізики // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка. Випуск 46. Серія: Педагогічні науки: збірник у 2-х томах. – Чернігів: ЧДПУ. – №46. – Т. 1. – 180 с.
7. Горчинський С.В. Роль інформаційно-комунікативних технологій у формуванні та підтримці інтересу в учнів до навчального предмету // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка. Випуск 46. Серія: Педагогічні науки: збірник у 2-х томах. – Чернігів: ЧДПУ, 2006. – №46. – Т. 1. – 180 с.
8. Житєньова Н. Формування пізнавальних інтересів підлітків за допомогою інформаційних технологій // Наукові записки. Вип. 72. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВУ КДПУ ім. В. Винниченка, 2007. – 282 с.
9. Поліхун Н.І. Розвиток творчої діяльності старшокласників у процесі навчання фізики з використанням проектної технології: Автореферат ... к.пед.н: 13.00.02. – Київ: Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова, 2007. – 21 с.
10. Калейдоскоп "Кванта" // Квант. – № 3. – 1997. – С. 32.

ІНТЕРАКТИВНІ МЕТОДИ КООПЕРАТИВНОГО НАВЧАННЯ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ АТОМНОЇ ФІЗИКИ УЧНЯМИ 11 КЛАСІВ

Р.В. Довгаленко
м. Умань, Уманський державний педагогічний університет
ім. Павла Тичини
raisa-eta@rambler.ru

В епоху швидкого розвитку науки і техніки досить важливим є питання про всебічний, гармонійний розвиток особистості для її самовдосконалення та самореалізації. Саме в цей час найважливіше не розгубити набуті знання і водночас досягнути високої результативності в своїй праці.

Фізика як навчальний предмет має значний виховний потенціал і, разом з цим, є основою природознавства і відображає швидкий поступ науково-технічного прогресу. Це визначає наступні конкретні цілі навчання: усвідомлення учнями ролі фізики в науці і виробництві, виховання екологічної культури, розуміння ними й інших проблем, пов'язаних з розвитком виробничих та інформаційних технологій.

Сучасні зміни в освіті призводять до все більшої зацікавленості вчителями, педагогами та викладачами інтерактивними методами навчання. Інтерактивні методи навчання розвивають в учнів всі компетентності особистості, гуманізують освітній процес, полегшують вивчення навчальних предметів.

Слово "інтерактив" прийшло до нас з англійської від слова "interact", де "inter" – взаємний і "act" – діяти. Таким чином, інтерактивний – здатний до взаємодії, діалогу. Інтерактивне навчання – це спеціальна форма організації пізнавальної діяльності, яка має конкретну, передбачувану мету – створити комфортні умови навчання, за яких кожен відчуває свою успішність, інтелектуальну спроможність.

Можна визначені такі основні ознаки інтерактивної моделі навчання:

- навчання змінює взаємодію педагога і учнів: активність педагога поступається місцем активності учнів, а завдання учителя полягає у створенні умов для їхньої ініціативи;
- навчання через досвід, яке повинне супроводжуватися набуттям учасниками конкретного досвіду, його осмисленням, рефлексією, застосуванням на практиці;
- діалогове навчання, під час якого здійснюється активна взаємодія вчителя та учнів. Інтеракція виключає домінування будь-якого учасника навчання, будь-якої думки, точки зору над іншими.

Суть інтерактивного навчання у тому, що навчальний процес відбувається за умови постійної, активної взаємодії всіх. Це співнавчання, взаємонавчання (колективне, групове, навчання у співпраці), де всі є рівноправними, рівнозначними суб'єктами навчання, розуміють, що вони роблять, реф-

лексують з приводу того, що вони знають, вміють і здійснюють. Організація інтерактивного навчання передбачає моделювання життєвих ситуацій, використання рольових ігор, спільне вирішення проблеми на основі аналізу обставин та відповідної ситуації. Воно ефективно сприяє формуванню навичок і вмінь, виробленню цінностей, створенню атмосфери співробітництва, взаємодії. Інтерактивна взаємодія виключає як домінування одного учасника навчального процесу над іншими, так і однієї думки над іншою. Під час інтерактивного навчання всі вчаться бути демократичними, спілкуватися з іншими, критично мислити, приймати продумані рішення [3].

Ефект від використання інтерактивних прийомів максимальним буде тільки тоді, коли сам учитель глибоко усвідомить суть і необхідність такої роботи, при цьому врахує вікові особливості та рівень розвитку учнів класу. Насамперед важливо навчитися правильно сприймати та визначати особливості внутрішнього світу учня, його спрямованість, характер, тип темпераменту, особливості переживань, емоційний стан тощо. Залежно від того, які саме властивості темпераменту виявляються у членів колективу, необхідно відповідним чином будувати і взаємини з ними. Основою є правило: спираючись на позитивні риси наявного типу темпераменту учня, уміло допомогти йому позбавитись негативних рис [2].

Демократизація навчання, що є потребою суспільства, неможлива без осучаснення уроку, який проводиться для учнів і заради учнів. Майстерність учителя сьогодні полягає у творчому підході до конструювання уроків, у постійному прагненні підвищити ефективність навчально-пізнавальної діяльності шляхом новітніх організаційних форм. При цьому значущою залишається реалізація на уроці виховних, розвивальних та освітніх завдань.

Враховуючи відсутність у науковій літературі будь-якої класифікації інтерактивних технологій навчання, визначають їх умовну робочу класифікацію за формами навчання (моделями), у яких реалізуються інтерактивні технології. Розподіляють їх на чотири групи залежно від мети уроку та форм організації навчальної діяльності учнів, які в свою чергу, діляться ще на підгрупи: інтерактивні технології кооперативного навчання, інтерактивні технології колективно-групового навчання, технології ситуативного моделювання, технології опрацювання дискусійних питань.

Основною формою організації навчальної діяльності є класно-урочна система, проте застосування інтерактивних технологій висуває певні вимоги до структури уроків. Як правило, структура таких занять складається з п’яти етапів [4]:

1) мотивація учнів до навчання (5% часу занять);

2) оголошення, представлення теми та очікуваних навчальних результатів (5% часу занять);

3) надання необхідних відомостей (10-15% часу занять);

4) виконання інтерактивної вправи – центральна частина заняття (50-

60% часу на уроці);

5) підбиття підсумків, оцінювання результатів роботи учнів (до 20% часу на уроці).

Етап мотивації має на меті сфокусувати увагу учнів на проблемі й викликати інтерес до обговорюваної теми. Учень має бути налаштованим на ефективний процес пізнання, бути в ньому зацікавленим, усвідомлювати, що він зараз робитиме і навіщо. З цією метою можуть бути використані прийоми, що створюють проблемні ситуації, викликають подив, інтерес до змісту знань. Це може бути і коротка розповідь учителя, і бесіда, і демонстрація наочності, і нескладна інтерактивна технологія (“Мозковий штурм”, “Мікрофон”).

Другий етап – *оголошення теми та очікуваних результатів.* Мета цього етапу – забезпечити розуміння учнями змісту їхньої діяльності, тобто того, чого вони повинні досягти на уроці і чого від них чекає вчитель. Обов’язкове формулювання очікуваних результатів інтерактивного уроку для сприяння успішності навчання учнів повинно відповідати таким вимогам:

- висвітлювати результати діяльності на уроці учнів, а не вчителя і повинно формулюватися, починаючи зі слів: “Після цього уроку учні зможуть...”;
- чітко відображати рівень навчальних досягнень учнів, який очікується після уроку. Тому в очікуваних результатах уроку повинні бути названі: обсяг і рівень засвоєння матеріалу учнями, що будуть забезпечені на уроці; обсяг і рівень навичок і вмінь, які будуть досягнуті після уроку; розвиток (формування) емоційно-ціннісної сфери учня;
- означити способи вимірювання навчальних досягнень;
- бути короткими, зрозумілими і для учнів, і для самого вчителя, і для батьків учнів, і для інших вчителів.

Отже, очікувані результати мають бути сформульовані за допомогою відповідних дієслів, наприклад, для набуття знань: пояснювати, визначати, характеризувати, порівнювати, відрізняти тощо; для формування вмінь і навичок: дискутувати, аргументувати думку, дати власну оцінку, проаналізувати тощо; для вироблення ставлення: сформувати та висловлювати власне ставлення до..., пояснювати своє ставлення до... .

Наступний етап – *надання необхідних відомостей.* Мета цього етапу – дати учням достатній обсяг відомостей для того, щоб на їх основі вони могли виконувати практичні завдання. Це може бути міні-лекція, читання роздаткового матеріалу, ознайомлення з необхідними відомостями за допомогою технічних засобів навчання або наочності.

Виконання інтерактивних вправ – найважливіший етап заняття. Його метою є засвоєння навчального матеріалу, досягнення очікуваних результатів уроку. Обов’язковою є така послідовність і регламент організації виконання інтерактивної вправи:

1) інструктування (повідомлення про мету вправи, правила, послідовність дій, кількість часу);
2) об'єднання у групи і (або) розподіл ролей;
3) виконання завдання, при якому вчитель виступає як організатор, помічник, ведучий дискусії, надає учасникам максимум можливостей для самостійної роботи і навчання у співпраці;
4) презентація результатів виконання вправи;
5) усвідомлення отриманих результатів, що досягається шляхом їх спеціального колективного обговорення.

Інтерактивна взаємодія виключає як домінування одного учасника навчального процесу над іншими, так і однієї думки над іншою. Під час інтерактивного навчання всі вчаться бути демократичними, спілкуватися з іншими, критично мислити, приймати продумані рішення. Отже, якщо спробувати дати визначення поняття "інтерактивна технологія навчання", то це така організація навчального процесу, за якої неможлива неучасть того, хто навчається в колективному, взаємодоповнюючому, заснованому на взаємодії всіх його учасників процесі навчального пізнання [1].

Учитель лише визначає коло питань, формулює завдання, виступає в ролі більш досвідченого організатора процесу навчання, консультанта, виділяє ліміт часу. Учні є активними суб'єктами навчального процесу, вони самостійно шукають нові знання, залучають допоміжні джерела інформації, проводять їх аналіз, обмінюються інформацією, спільно вирішують проблеми, оцінюють дії однокласників та свою власну поведінку, заглиблюються в реальну атмосферу ділової співпраці з вирішення проблем, що пригодиться їм в майбутньому.

Наприкінці XX ст. інтерактивні технології навчання набули поширення в теорії та практиці американської системи освіти.

Інтерактивна технологія навчання, як і будь-яка інша педагогічна технологія містить у собі:

– концептуальну основу, де визнається як інноваційний тип навчання, що орієнтований на особистість учня і який стимулює творчі процеси щодо оволодіння навчальним матеріалом, активізує пізнавальну діяльність за допомогою активних, діалогових форм організації занять;

– змістову частину, де означені цілі навчання та зміст навчального матеріалу;

– процесуальну частину, яка включає в себе організацію навчального процесу, методи і форми навчальної діяльності учнів та діяльності викладачів по управлінню процесом засвоєння матеріалу, спланований очікуваний результат навчання.

Загалом інтерактивні методи залежно від мети уроку та форми організації навчальної діяльності учнів можна поділити на інтерактивні технології кооперативного навчання, колективно-групового навчання, ситуативного моделювання та опрацювання дискусійних питань.

Нами було виокремлено інтерактивні технології кооперативного навчання для більш детального та ґрунтовного розгляду даного питання під час вивчення відомостей з атомної фізики учнями 11-х класів.

Інтерактивні технології кооперативного навчання застосовуються на практичних, семінарських та лабораторних заняттях. Це може відбуватися одразу після викладу вчителем навчального матеріалу, на початку нового уроку під час опитування, на спеціальному занятті, присвяченому застосуванню знань, умінь та навичок, або бути частиною підсумкового заняття. Кооперація учнів під час уроку з застосуванням методів інтерактивного навчання полягає в роботі парами та малими групами. При цьому під час роботи в парах в учні збільшується рівень засвоєння та закріплення знань, що є добрим показником ефективності уроку. Використання такого виду співпраці сприяє тому, що учні не можуть ухилятися від виконання завдання. Під час роботи в парах можна швидко виконати вправи, які за досить часто потребують великої затрати часу.

Роботу в малих групах варто використовувати для розв'язання складніших проблем, що потребують колективного вирішення того чи іншого питання. Якщо витрачені зусилля й час не гарантують бажаного результату, краще вибрати парну роботу або будь-яку іншу технологію для швидкої взаємодії. Використовують малі групи тільки у тих випадках, коли навчальне завдання вимагає спільної, а не індивідуальної роботи. Серед варіантів групової роботи можна виділити: "Діалог", "Синтез думок", "Спільний проект", "Пошук інформації", "Коло ідей" та "Акваріум".

Пропонуємо орієнтовний зразок уроку з використанням інтерактивного методу «Акваріум», який є формою діяльності учнів, ефективною для розвитку навичок спілкування в малій групі, вдосконалення вміння дискутувати та аргументувати свою думку. Для цього учитель об'єднує учнів у 2 групи по 5 осіб і пропонує їм ознайомитися із завданням.

Тема: Узагальнюючий урок з теми «Квантові постулати Бора»

Мета: Сформулювати і систематизувати знання учнів з даної теми; продовжити розвиток логічного та критичного мислення; виховати в учнів уважність, відповідальність, працелюбність.

Тип: урок вивчення нового навчального матеріалу.

Хід уроку

І. Актуалізація знань учнів.

1. Яка головна характеристика певного хімічного елемента? Навести приклади.
2. Продемонструвати свої знання про модель атома Томпсона.
3. Пояснити суть планетарної моделі атома.

Завдання потрібно прочитати вголос; обговорити його в групі; за 5 хвилин дійти до спільного рішення. Перша група сідає в центр класу (або на початку середнього ряду в класі, де стоять парти). Це необхідно для того, щоб відокремити діючу групу від слухачів певною відстанню. Ця група

отримує завдання для проведення групової дискусії. Поки діюча група займає місце в центрі, вчитель знайомить решту класу з завданням і нагадує правила дискусії у малих групах. Групі пропонується вголос протягом 3-5 хвилин обговорити можливі варіанти розв'язання проблемної ситуації. Учні, що знаходяться у зовнішньому колі, слухають, не втручаючись у хід обговорення.

По закінченні відведеного для дискусії часу група повертається на свої місця, а вчитель ставить до класу такі запитання: чи погоджуєтесь ви з думкою групи? чи була ця думка достатньо аргументованою, доведеною? який з аргументів ви вважаєте найбільш переконливим?

На таку бесіду відводиться не більше 2-3 хв. Після цього місце в «Акваріумі» займає інша група й обговорює наступну ситуацію. Наприкінці вчитель повинен обговорити з учнями хід групової роботи, прокоментувати ступінь володіння навичками дискусії у малих групах і звернути увагу на необхідність та напрями подальшого вдосконалення таких навичок.

Мотивація і виставлення оцінок. Аналіз гри.

II. Вивчення нового навчального матеріалу.

Під час вивчення нового навчального матеріалу вчитель пояснює непереконливість класичної теорії в поясненні випромінювання та поглинання енергії атомом. Потім переходить до формулювання та пояснення квантових постулатів Бора.

Головним чином під час розповіді необхідно сформулювати в учнів знання про частини спектра випромінювання атома Гідрогену (серії Бальмера, Лаймана, Пашена), квантові постулати Бора та їх закономірності, правило квантування орбіт та правило частот.

III. Перевірка рівня засвоєння знань.

Під час даного етапу уроку вчитель ставить перед учнями запитання про квантові постулати Бора, залежність частоти випромінювання атома світла а також на розуміння протиріч між законами класичної механіки й класичної електродинаміки та постулатами Бора.

VI. Завдання додому

Література:

1. Кларин М.В. Интерактивное обучение – инструмент освоения нового опыта // Педагогика. – 2000. – № 7. – С. 12–18.
2. Освітні технології / За ред. О.М. Пєхоти. – К., 2002.
3. Панченков А., Пометун О., Ремех Т. Навчання в дії: як організувати підготовку вчителів до застосування інтерактивних технологій навчання. – К., 2003.
4. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: Наук.-метод. посібник / О.І. Пометун, Л.В. Пироженко; За ред. О.І. Пометун. – К.: А.С.К., 2004. – 192 с.

МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВОГО АНАЛІЗУ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ У ЛАБОРАТОРНИХ РОБОТАХ З МЕХАНІКИ

І.С. Чернецький
м. Кам'янець-Подільський, Кам'янець-Подільський державний університет
aufu@kp.rel.com.ua

Сучасне фізичне освітнє середовище містить однією із своїх складових комплекс для цифрового запису та обробки інформації. У першому наближенні такий комплекс представлено комп'ютером у поєднанні з відео або Web-камерою. Дана стаття присвячена використанню можливостей такого комплексу для проведення лабораторних робіт з механіки та розглядає як приклад роботи розроблені та представлені автором статті на сторінці Всеукраїнської громадської організації Асоціація учителів фізики «Шлях освіти –XXI» www.chis.kp.km.ua. Роботи можуть використовуватись у курсі загальної фізики та у класах середньої школи профільного рівня.

Використання відеозображення фізичного явища або експерименту є чи не найідеальнішим методом проведення фізичного дослідження. Метою будь-якого експериментального комплексу є мінімальні зміни, що вносяться у досліджуваний об'єкт. Використання зображення дозволяє найкраще втілити це у реальність.

Розглянемо етапи проведення дослідження та зразок виконання лабораторної роботи (однієї із робіт, запис якої публіковано на вищезгаданому сайті)

1. Відеозйомка.

У якості відеокамери використовується цифрова відеокамера або цифровий фотоапарат. Головною умовою є нерухомість відеокамери під час запису зображення. Запис зображення здійснюється у форматі, встановленому виробником камери. Для подальшого використання оптимальним є запис з максимально допустимими частою та розмірами картинки. Тривалість фрагменту не повинна перевищувати за часом досліджуваний фрагмент руху.

2. Обробка відеоряду.

Для виконання обробки відеоряду ми застосовуємо DataPoint v. 061 (http://www.stchas.edu/faculty/gcarlson/physics/datapoint/DataPoint.zip). Цей продукт позиціонується як вільний програмний засіб з можливістю формування бази координат точок, відзначених на зображенні. Головна ідея виконання робіт – це створення і аналіз таблиць екранних координат точок, що належать досліджуваному рухомому об'єкту. За допомогою програми DataPoint формується таблиця екранних координат та передається у звичайний текстовий файл, який зберігається окремо. Окремим пунктом виконується калібрування зображення. Калібрування – це операція встановлення відповідності між екранними координатами та реальними відстанями та розміра-

ми об'єкта. Калібрування враховується при виконанні відео зйомки об'єкта. У полі дослідження має обов'язково бути об'єкт, розміри якого заздалегідь відомі.

3. Аналіз табличних даних.

Аналіз даних, отриманих на попередньому кроці, найзручніше проводити у електронних таблицях. Табличні дані з текстового файлу імпортуються у книгу програми, калібруються у відповідності до еталону і досліджуються у відповідності до величини, яку необхідно визначити або графік зміни якої необхідно побудувати. Аналіз табличних даних у цьому середовищі розглянуто у великій кількості інших робіт.

Розглянемо покрокове виконання однієї із лабораторних робіт.

Тема роботи: «Дослідження руху тіла у середовищі під дією сил земного тяжіння».

Мета роботи: побудувати графіки зміни координати, швидкості та прискорення падаючого у повітрі тіла.

Обладнання: відеозапис падаючого футбольного м'яча (запис розміщено на сайті www.chis.kp.km.ua і виконано цифровою камерою Fujifilm FinePix S5700), програми DataPoint та Microsoft Excel.

Крок 1.

У програмі DataPoint завантажуємо відеофрагмент, користуючись пунктом Open меню File.

Зауваження. Файли, представлені на сайті, мають формат, зрозумілий для програми DataPoint. При використанні інших фрагментів необхідно за допомогою будь-якого відео редактора привести їх у формат *.avi стисканням кодеком DIVX MPEG4 V3.

Вікно програми містить внутрішніх два вікна: вікно для зображення з керуючими елементами і вікно текстового редактора. У вікні зображення містяться дві кнопки для покрокового прокручування відеофайла, а також інформація про частоту кадрів, їх розмір та порядковий номер. У вікні текстового редактора буде створюватися таблиця, яка містить послідовність екранних координат і момент часу.

Крок 2.

За допомогою кнопок обираємо той фрагмент зображення, який нас цікавить. За допомогою курсору з максимальною точністю відзначаємо положення м'яча (нижнього його краю). Перемістившись на крок вперед, повторюємо попередню дію. У правому вікні створюється таблиця (рис. 1). По завершенні останнього кроку зберігаємо таблицю у окремий файл командою Save data file.

Крок 3.

Виконуємо калібрування. Будинок на зображенні має наближену висоту 7 м. Перезавантаживши відео фрагмент, відзначаємо курсором дві точки, які знаходяться на одній вертикалі та розміщені біля основи і на верху будинку. Утворену таблицю зберігаємо окремо.

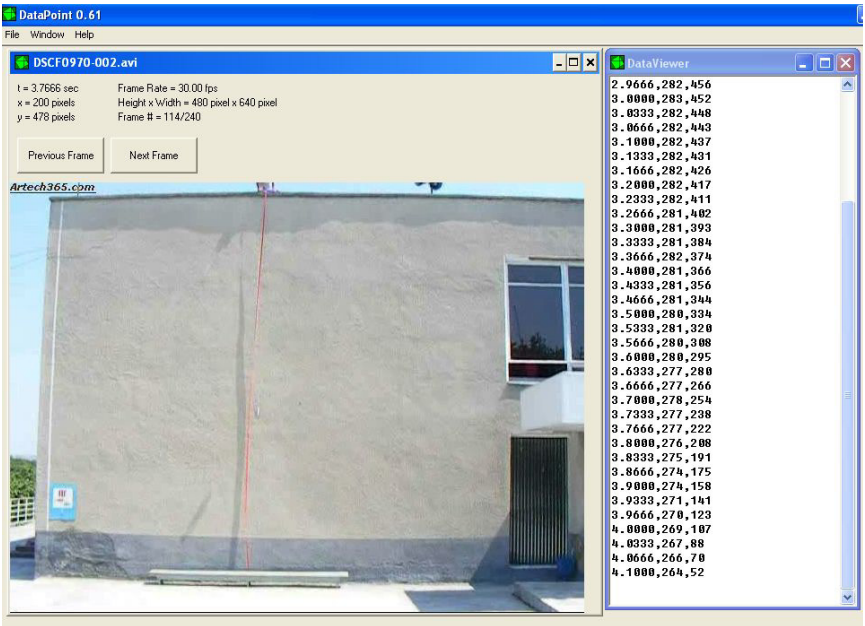


Рис. 1

Крок 4.

Утворений табличний файл з координатами точок експортуємо у Microsoft Excel, через команду Copy – Paste.

Таблиця потребує попередньої обробки. Оскільки усі дані містяться в одній колонці, їх необхідно розсортувати та надати їм фізичного змісту.

Перш за все приведемо шкалу часу до нульової помітки, тобто перша точка буде мати часову координату 0. Решта точок автоматично прораховуються таблицею через різницю з початковим значенням часу. Аналогічну дію проводимо з координатою м’яча по осі Y. Змінюємо знак координати. З попередньо збереженої калібровочної таблиці визначаємо коефіцієнт пропорційності між пікселями зображення і відстанню у метрах. Перемноживши значення колонки Y на визначений коефіцієнт, отримуємо остаточну таблицю, у якій буде лише дві колонки час і координата по осі Y у метрах.

Крок 5.

Для подальшого аналізу необхідно врахувати неточність визначення координати м’яча, оскільки його зображення на окремих кадрах буде розмитим. Для визначення миттєвого значення швидкості м’яча доцільно взяти більш широкий окіл досліджуваної точки. Тому для визначення швидкості обираємо окіл з чотирьох значень у межах значення координати точки і відповідний проміжок часу. Оскільки околи для сусідніх точок будуть перекриватися, забезпечується плавність значень миттєвої швидкості. Ці зна-

чення вишиковуються у сусідню колонку. Аналогічно варто вчинити з миттєвим значенням прискорення. По завершенню формування таблиці будуємо графіки залежності координати (рис. 2), швидкості (рис. 3) і прискорення (рис. 4) від часу.

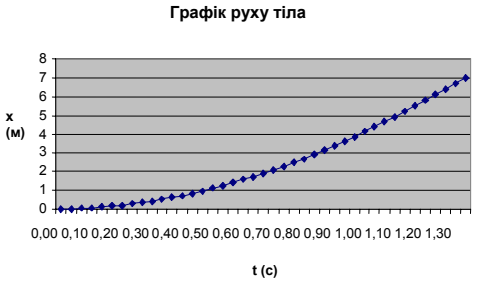


Рис. 2

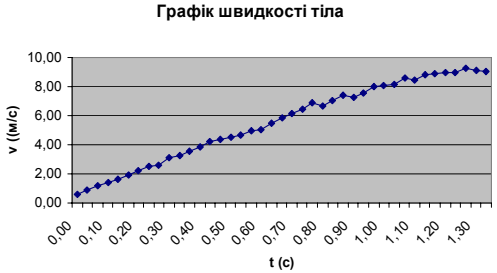


Рис. 3

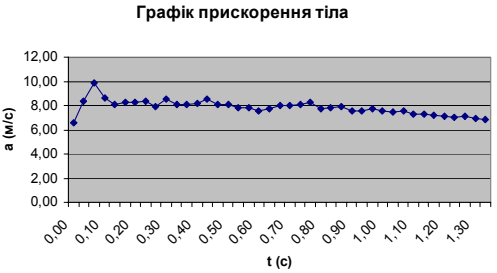


Рис. 4

Кроки 1-3 будуть стандартними для будь-якої з представлених на сайті робіт. Кроки 4-5 виконуються у відповідності до поставленої у роботі задачі.

Перелік лабораторних робіт містить роботи по вивченню рівномірного, прискореного та коливного руху. Він надалі може (і буде) поповнюватися новими відеофрагментами. Взагалі саме завдання роботи може бути сфор-

моване для студента комплексно, починаючи від постановки задачі по вивченню певного типу руху з етапом, що включає у себе відеозйомку і подальшу обробку інформації за допомогою відеоредакторів, оскільки більшість сучасних мобільних телефонів, які стали предметом повсякденного вжитку, мають функцію відеозйомки з достатньою для аналізу якістю.

Подібні дослідження дають можливість учню чи студенту зрозуміти самі основи аналізу зображення. При вивченні курсу біомеханіки такий метод використовується разом із спеціалізованими системами фіксації і вивчення руху тіла людини. Такі системи мають велику вартість, але розглянутий попередньо комплекс може з великим успіхом їх замінити при вивченні елементів механіки.

Література:

1. Атаманчук П.С. Інноваційні технології управлінням навчання фізики. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ, 1999. – 174 с.
2. Шарко В.Д. Сучасний урок фізики: технологічний аспект / Посібник для вчителів і студентів. – К., 2005. – 220 с.
3. American Educational Research Association. (2000). Creating knowledge in the 21st century: Insights from multiple perspectives. 2000 Annual Meeting Program. Washington, DC.
4. Barnard, J., Frangakis, C., Hill, J., and Rubin, D. (2002). Bayesian analysis of the New York School Choice Scholarships Program: A randomized experiment with noncompliance and missing data. In C. Gatsonis, R.E. Cass, B. Carlin, A. Carriquiry, A. Gelman, I. Verdinelli, and M. West (Eds.), Case studies in Bayesian statistics. New York: Springer-Verlag.
5. Campbell, D.T., and Stanley, J.C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. In N.L. Gage (Ed.), Handbook of research on teaching (pp. 171-246). Washington, DC: American Educational Research Association. (Printed by Rand McNally & Company).

ВИКОРИСТАННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ЛАЗЕРА (ЛАЗЕРНА УКАЗКА) В ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАННЯХ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

Ю.А. Курбатов, І.Є. Макаренко
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Школа не зможе вирішити проблему розвитку творчої особистості, якщо вчитель, навчаючи свого предмету, не викличе інтерес до нього. Дуже цікавим об'єктом вивчення є лазер. Знайомство з фізичними основами роботи лазера, властивостями випромінювання цього пристрою вказує на те, що лазери можуть широко застосовуватись у якості демонстраційних приладів при вивченні будь-якого розділу оптики.

Лазерне випромінювання має високий ступінь монохроматичності, надзвичайно сильну концентрацію світлової енергії в просторі, направленість випромінювання (у тисячі разів кращі за звичайні теплові джерела світла) [4]. Але, на жаль, на сьогоднішній день держава не в змозі забезпечити всі кабінети фізики середніх навчальних закладів найпростішими лазерними установками. В цьому випадку в нагоді стане всім відома звичайна лазерна указка. Мініатюрні розміри напівпровідникових лазерів, довготривалість (до 100 тисяч годин безвідмовної роботи) й доволі велика потужність випромінювання (1-3 мВт) роблять їх незамінними у багатьох пристроях з різних областей техніки. Але тільки лазерна указка дає можливість будь-кому взяти в руки цей дивний пристрій – напівпровідниковий лазер. Сьогодні його за доступну ціну можна придбати навіть у магазинах, де продають гральні карти, газети та гороскопи на кожний день. Лазерна указка легка у використанні та безпечна при застосуванні (лише ні в якому разі не можна напрямляти промінь в очі!). Джерелом живлення слугують три з'єднані послідовно мініатюрні батарейки з ЕРС 1,2 В кожна. Електрона схема з кнопкою включення змонтована в середині корпусу й підключена до лазерної головки. Лазерне випромінювання має довжину хвилі від 630 до 680 нанометрів (нм) і потужність менше одного мілівата. Лінза, що стоїть на виході у середині лазеру фокусує його у тонкий промінь [1].

Ми пропонуємо деякі можливі використання лазерної указки під час вивчення учнями розділу «геометрична оптика» на факультативних заняттях, адже серед форм диференціації, які створюють передумови для активізації самостійної діяльності школярів і сприяють реалізації творчого потенціалу особистості, чільне місце займають саме вони [2]. Ми хочемо показати, як без допомоги мікроскопу, при будь-якій розумній відстані від досліджуваного об'єкта, реалізується метод вимірювання показника заломлення речовини. Тобто ми знайомимо з телеметричними можливостями випромінювання лазерної указки [3].

Один із варіантів отримання телеметричним способом значення показ-

ника заломлення є проходження променя лазерної указки через плоскопаралельну пластину товщиною d.

Як відомо, на границі розподілу двох середовищ із різними оптичними властивостями промінь світла заломлюється. На рис. 1 показано, що при куті падіння α, відмінному від нуля, промінь світла заломлюється на кут β в точці А, а в точці В при виході з пластинки промінь ще раз заломлюється. Якщо грані S та S′ плоскі і паралельні, то промінь ВО′ буде паралельним АО, тобто початковому напрямку, але зміщеним в просторі на відрізок h = ВС. Величина цього зміщення залежить від товщини пластинки d, від кута падіння α та показника заломлення n.

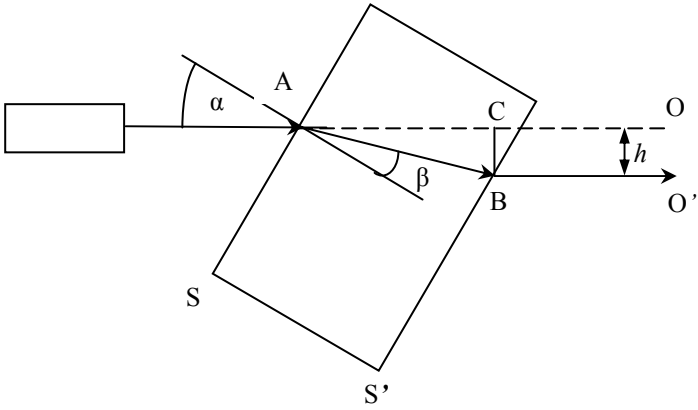


Рис. 1.

З рис. 1 видно, що

$$h = \frac{d\sin(\alpha - \beta)}{\cos\beta} \tag{1}$$

Із закону заломлення маємо:

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n}, \tag{2}$$

де n – шуканий показник заломлення речовини пластинки.

З (1) і (2) отримуємо:

$$n = \sin\alpha\sqrt{1+\left(\frac{d\cos\alpha}{h - d\sin\alpha}\right)^2} \tag{3}$$

У пластинці товщиною в декілька сантиметрів зміщення h променя становитиме декілька міліметрів.

Задача, яка з успіхом може бути розв’язана також за допомогою лазерної телеметрії, це вимірювання заломлюючого кута призми.

Установка для цього вимірювання показана на рис. 2.

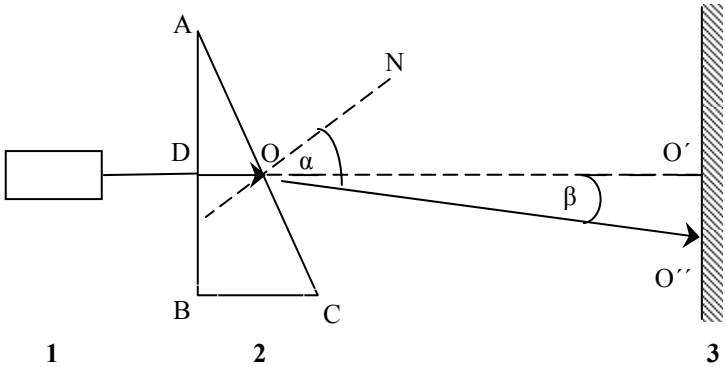


Рис. 2.

Промінь від лазера 1 падає нормально на грань АВ призми 2. Критерієм нормального падіння на грань АВ є хід відбитого від грані променя по тому ж каналу, що і падаючого променя. Шлях DO всередині призми промінь пройде, не заломившись. В точці О кут падіння на грань АС буде α. Як видно з рис. 2, цей кут буде рівний куту при вершині А призми (ON – нормаль на грань АС). В точці О промінь заломлюється і йде під кутом β до початкового напряму і на екрані 3 потрапляє в точку О´´. При відсутності призми він потрапив би в точку О´. Таким чином, величина лінійного відхилення променя призмою О´О´´= h може бути виміряна. Дійсно, знаючи відстань ОО´ = l, яка може становити декілька метрів, можна визначити

$$tg\,\beta = \frac{h}{l} \tag{1}$$

Із закону заломлення променя в точці О, маємо:

$$\sin\alpha = \frac{1}{n}\sin(\alpha+\beta), \tag{2}$$

Вираз (2) дає можливість розв'язати подвійну задачу: 1) при відомому куті α призми знайти показник заломлення

$$n = \cos\beta + \sin\beta\,\mathrm{ctg}\,\alpha \tag{3}$$

і 2) при відомому показнику заломлення визначити заломлюючий кут призми α.

Виведемо формулу для знаходження кута α . З формули (3) маємо:

$$n - \cos\beta = \sin\beta\sqrt{\frac{1-\sin^2\alpha}{\sin^2\alpha}} \tag{4}$$

Піднесемо ліву і праву частини (4) до квадрату і після перетворень одержимо:

$$\sin\alpha = \frac{\sin\beta}{\sqrt{1+n^2-2n\cos\beta}}, \tag{5}$$

а значення $\sin\alpha$ та $\cos\beta$ отримуємо з (1).

Запропонована методика визначення показника заломлення та геометричної характеристики прозорого тіла за допомогою лазерної указки знайомить з одним із способів сучасних дистанційних вимірювань.

Переконливим є той факт, що яскраве завжди запам'ятовується. Всі вище наведені приклади застосування лазерної указки вимагають від учнів не лише логічних математичних обчислень та теоретичних знань з даної теми, а й яскраво показує практичне застосування їх знань. Таким чином, слід зробити висновок, що використання лазерної указки під час вивчення будь-якого розділу оптики є безперечною умовою ефективного засвоєння знань учнями.

Література:

1. Горобец Б. Лазерная указка // Наука и жизнь – 2003. – №9. – С. 39–41.
2. Кізенко В.І. Педагогічні функції та зміст факультативного навчання в загальноосвітній школі // Педагогіка та психологія. – 1997. – №2. – С. 24–32.
3. Курбатов Ю.А., Половина Г.П. Лазерна телеметрія у викладанні фізики // Зб. статей Всеукраїнського науково-методичного семінару «Розвиток творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики». – 2000. – С.41–44.
4. Мансуров А.Н. Лазеры и их применение в преподавании физики. – М.: Просвещение, 1984. – 88 с.

ПІДГОТОВКА ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ЗОШ

О.П. Войтович, Ю.М. Галатюк
м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет

Проблема пошуку шляхів підвищення ефективності підготовки вчителів фізики в наш час тісно пов'язана з виявлення тих методів, форм і засобів, які найбільше сприятимуть формуванню в учнів системних знань, наукових фактів і понять. На наш погляд, це може бути успішно реалізовано за допомогою міжпредметних зв'язків перспективних суміжних областей наукових знань та основ виробництва: фізикохімії і технології неорганічних матеріалів, фізико-хімічної механіки, хімічної фізики, що вивчає кінетику хімічних реакцій в процесах каталізу, горіння, вибуху, фізикохімії поверхневих явищ в дисперсних системах, сучасній колоїдній хімії, що становить основу безлічі технологічних процесів в харчовій, текстильній, шкіряній, лакофарбній, будівельній, нафтовій, гірничорудній, керамічній, силікатній промисловості. Така інтеграція сприятиме поясненню ролі фізичних знань у нашому житті і сприятиме їх кращому засвоєнню. Лише вчитель, який сам володіє такими знаннями зможе навчити цьому учнів, однак підготовка майбутніх вчителів фізики в цьому напрямку майже не ведеться.

У процесі дослідження на етапі констатуючого експерименту нами було виявлено, що процес підготовки майбутніх учителів фізики в педагогічному університеті не має цілеспрямованого характеру формування і розвитку їх міжпредметних знань і умінь, не здійснюється в загальній системі підготовки до навчально-виховної роботи в школі.

Чинні програми підготовки майбутнього вчителя фізики недостатньою мірою враховують питання методики здійснення міжпредметних зв'язків в загальноосвітніх середніх навчальних закладах. Тільки на заняттях з методики навчання фізики коротко розглядаються загальні питання з проблеми міжпредметних зв'язків та констатується вимога здійснювати міжпредметних зв'язків у процесі викладання фізики. Звичайно, така теоретична підготовка з методики реалізації міжпредметних зв'язків (за обсягом і змістом) не спроможна забезпечити професійний рівень підготовки майбутнього вчителя фізики з цієї проблеми.

На сьогодні поки що немає науково розробленого змісту вимог до діяльності вчителя фізики з реалізації міжпредметних зв'язків у процесі навчання, які б допомогли розробити плани і програму підготовки вчителя до даної діяльності та створити систему послідовного і цілеспрямованого формування педагогічних знань і вмінь із даної проблеми.

Учитель повинен мати широку ерудицію в конкретній науковій галузі, що відповідає навчальним предметам, які він викладає (психологічну, педагогічну, методичну, дослідницьку) [1].

Доцільно окремі розробки, що стосуються реалізації міжпредметних зв'язків, об'єднувати і створювати інтегруючі навчальні програми, які є міждисциплінарними навчальними формами, укладеними в ідеях об'єднаннях і синтезу. Інтегруючі програми базуються, переважно, на теорії пізнання і розумінні того, що пошук знання є найкращим способом міждисциплінарного дослідження, яке [2]:

1) будує мости між традиційно розділеними дисциплінами;
2) реалізує переструктуризацію усталених програм дисциплін;
3) вносить корективи в проблеми подальшої спеціалізації, в цілому змінюючи усталену систему дисциплін і професій.

В інтегруючих навчальних програмах повинні знаходити вираження різні моделі мислення, дослідницькі тематики і проблемне навчання. Інтегруючі навчальні курси також формують риси характеру і загальнолюдські цінності: гнучкість (адаптивність), терпіння, толерантність (терпимість), сприйнятливість, готовність до ризику, до розв'язування проблем і відшукання виходу в неоднозначній ситуації [2].

Проблема міжпредметних зв'язків у підготовці вчителя фізики в аспекті нашого дослідження має дві складові: перша пов'язана з використанням міжпредметних зв'язків у процесі вивчення дисциплін ВНЗ, друга – з підготовкою студентів до реалізації міжпредметних зв'язків у майбутній професійній діяльності.

Виокремлення другої складової пов'язане з одним із найбільш важливих завдань природничонаукової освіти в школі – формування в учнів світогляду, цілісного розуміння природи, що їх оточує, розвиток діалектичного мислення, вміння комплексно застосовувати знання для розв'язування практичних завдань. Вирішення поставлених завдань можливе шляхом залучення школярів у творчу навчально-пізнавальну діяльність, яка організована з використанням міжпредметних зв'язків у навчально-виховному процесі ЗОШ [3–7].

Ефективність реалізації міжпредметних зв'язків у практиці викладання основ природничих наук у школі визначається тим, наскільки вчителі впевнені в необхідності їхнього здійснення, чи достатньо високий рівень знань із цієї проблеми, чи мають вони необхідні практичні вміння [6].

У процесі дослідження стану реалізації міжпредметних зв'язків ми зосередили увагу на вирішенні таких питань:

- визначення рівня сформованості міжпредметних знань, умінь у студентів перших курсів;
- включення у існуючі програми та розробка спецкурсів з проблеми реалізації міжпредметних зв'язків у навчальному процесі ЗОШ;
- вивчення рівня обізнаності студентів випускних курсів (освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр) із проблемою міжпредметних зв'язків та готовності їх до реалізації міжпредметного навчання.

Для вирішення першого питання студентам 1 курсу спеціальності "Фі-

зика-інформатика”, “Фізика-хімія” була запропонована анкета із теоретичними і практичними завданнями. Зміст завдань підібрано з таких міркувань. Згідно з державними вимогами до рівня загальноосвітньої (фізична компонента) підготовки учні повинні: набути вмінь вимірювати фізичні величини, застосовувати закони і закономірності до розв’язування задач. Оскільки процедура зняття показів із вимірювального приладу становить певні дії у зазначеній послідовності, то сформовані вимірювальні вміння є узагальненими і можуть бути використані під час проведення експериментальних досліджень у різних навчальних предметах.

Для розуміння фізичних явищ і процесів важливо розв’язувати комплексні задачі, які сприяють реалізації внутрішньопредметних та міжпредметних зв’язків. У процесі розв’язування таких задач учні усвідомлюють взаємозалежність і взаємообумовленість різноманітних явищ, отримують відомості з різних галузей науки і техніки, що сприяє формуванню уявлень про єдину фізичну картину світу. Крім того, такі задачі розвивають основні види логічного мислення. Тобто в процесі розв’язування таких задач інтегруються структурні елементи знань, що вивчаються різними навчальними дисциплінами.

Для виявлення рівня сформованості міжпредметних знань та узагальнених експериментальних умінь студентам І курсу були запропоновані такі практичні завдання:

1) виміряти фізичні величини: масу, об’єм, густину, тиск, температуру, силу струму (напругу) та описати послідовність дій під час вимірювання – інтеграція вмінь;

2) розв’язати задачу, що потребує використання знань із різних розділів фізики – внутріпредметна інтеграція;

3) розв’язати задачі міжпредметного характеру, для розв’язування яких потрібні знання з фізики і математики або фізики й хімії, фізики і інформатики, фізики й біології, фізики й суспільствознавства – міжпредметна інтеграція.

Використання таких завдань дозволяє не лише виявити рівень сформованості міжпредметних знань і умінь, але й розвинути інтерес до них. Педагоги, працюючи на основі інноваційних міждисциплінарних підходів, слідують таким принципам реалізації міжпредметних зв’язків [2]:

– інтегративні здібності мислення є суттєвим робочим інструментом і на їх розвиток повинні бути орієнтовані всі навчальні програми;

– всі повинні мати можливості використання міждисциплінарного підходу в навчанні і при обговоренні різноманітних тем;

– ці можливості повинні бути закладені в програмі загальної освіти (в його стандарти);

– кожен повинен брати участь в різних формах навчання, де розвивається ініціативність і які інтегрують досягнення як індивіда, так і групи;

– при всіх відмінностях в культурі, які важливі для виховання поваги

до традицій та для їх збереження, всіх людей об'єднують людяність і достоїнство особистості, а також здатність долати відмінності завдяки залученню всіх в практику обговорення проблем.

Розроблена нами методика підготовки вчителя фізики до реалізації міжпредметних зв'язків включає ряд етапів:

1) вивчення розділу "Міжпредметні зв'язки" з кожного фізичному курсу і опорних тем з програм і підручників з інших предметів, опрацювання додаткової наукової, науково-популярної літератури, методичної літератури;

2) поурочне планування міжпредметних зв'язків з використанням курсових та тематичних планів;

3) розробка засобів і методичних прийомів реалізації міжпредметних зв'язків на конкретних заняттях;

4) розробка методики підготовки і проведення комплексних форм організації навчання;

5) розробка прийомів контролю і оцінки результатів реалізації міжпредметних зв'язків у навчанні.

Дидактичними умовами підготовки вчителя фізики до діяльності з реалізації міжпредметних зв'язків у школі є:

– підвищення мотивації студентів до оволодіння основами міжпредметних зв'язків;

– розвиток інтегративного мислення, потрібного для встановлення міжпредметних зв'язків, і на їх основі здійснення інтеграції, синтезу знань;

– активна участь студентів у роботі семінару, у рамках якого здійснюється підготовка до діяльності з реалізації міжпредметних зв'язків, до написання курсових і дипломних робіт.

Ефективність підготовки студентів залежить від таких чинників:

– організації самостійної роботи в напрямі оволодіння теоретичними знаннями і методичними вміннями з проблеми міжпредметних зв'язків;

– використання евристичних і проблемних методів навчання майбутніх учителів фізики;

– поєднання навчально-пізнавальної, навчально-практичної і самостійної діяльності студентів у процесі підготовки;

– використання різних форм організації навчальних занять;

– здійснення науково-дослідної роботи студентами з проблеми міжпредметних зв'язків.

Ці умови відповідають цілям підготовки вчителя, яка виражається в готовності його до реалізації міжпредметних зв'язків у навчально-виховному процесі загальноосвітніх закладів освіти.

Врахувавши усі обставини, ми здійснюємо підготовку студентів до реалізації міжпредметних зв'язків в майбутній роботі під час проведення занять спецсемінару, у процесі педагогічної практики.

З цією метою нами пропонується впровадження спецсемінару з питань

інтеграції наук, дисциплін та їх повноцінної реалізації у роботі з учнями.

У програмі семінару ми намагалися розглянути всі компоненти проблеми міжпредметних зв'язків, які сприяють формуванню цілісної системи знань про міжпредметні зв'язки та розвитку вміння використовувати їх у практиці викладання фізики. На заняттях розглядаються такі основні питання:

- теоретико-методологічні основи міжпредметних зв'язків;
- взаємозв'язок курсу фізики з дисциплінами природничого і гуманітарного циклу;
- методико-дидактичні аспекти міжпредметних зв'язків;
- формування узагальнених навчально-пізнавальних умінь у процесі вивчення дисциплін природничонаукового циклу;
- розв'язування задач з міжпредметним змістом як засіб реалізації міжпредметних зв'язків у навчанні;
- аналіз навчальних програм з метою виявлення можливості здійснення міжпредметних зв'язків у процесі вивчення дисциплін природничонаукового циклу.

Таким чином підготовка майбутніх учителів фізики до здійснення міжпредметної діяльності повинна відбуватися в інтегративно-цілісному освітньому просторі педагогічного вищого навчального закладу в процесі засвоєння ними змісту освіти всіх навчальних дисциплін. Вона націлена на мотивацію пізнавальної діяльності студентів, на формування потреби в самоосвіті, самореалізації. Така підготовка може бути реалізована тільки в процесі освітніх взаємодій усіх викладачів.

Література:

1. Бушок Г.Ф., Колупаєв Б.С. Науково–методичні основи викладання загальної фізики. – Рівне: Діва, 1999. – 410 с.
2. Еремкин А.И. Система межпредметных связей в высшей школе. – Харьков: Высшая школа. Изд-во при Хар. ун-те, 1984. – 152 с.
3. Зверев И.Д., Максимова В.Н. Межпредметные связи в современной школе. – М.: Педагогика, 1981. – 160 с.
4. Максимова В.Н. Межпредметные связи в процессе обучения. – М.: Просвещение, 1988. – 192 с.
5. Межпредметные связи естественно–математических дисциплин. Пособие для учителей. Сб. статей / Под ред. В.Н. Федоровой. – М.: Просвещение, 1980. – 208 с.
6. Міжпредметні зв'язки під час вивчення фізики в середній школі: Посібник для вчителя /За ред. О.В. Сергеєва. – К.: Рад. школа, 1979. – 116 с.
7. Основы методики преподавания физики в средней школе / В.Г. Разумовский, А.И. Бугаев, Ю.И. Дик и др. / Под ред. А.В. Перышкина. – М.: Просвещение, 1984. – 398 с.

ІСТОРИЧНА ЗУМОВЛЕНІСТЬ МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

К.О. Волошина
м. Бердянськ, Бердянський державний педагогічний університет
Ketdis7@rambler.ru

У XXI столітті істотно змінилась роль науки і техніки в житті людини і суспільства в цілому: прогрес науки і техніки безпосередньо і багатогранно впливає на життя кожної людини, об'єктивно сприяючи постійному оновленню різних сторін дійсності. В умовах соціальних перетворень на планеті особливе значення набувають як гносеологічні, так і ціннісні аспекти сучасної науки фізики, які дидактично адоптовані у змісті сучасної дидактики фізики. Генералізація змісту сучасного шкільного курсу фізики відбувається відповідно до освітніх стандартів і змістових ліній, однією з яких є електродинаміка.

Наука фізика впливає двома шляхами на розвиток методики вивчення фізики [1], зокрема електродинаміки:

Перший – це безпосереднє відображення фундаментальних фізичних теорій і законів, а також методів дослідження у змісті шкільної фізичної освіти. Перманентний процес оновлення фізичного знання спричиняє необхідність оновлення і генералізації шкільного курсу фізики.

Другий – опосередкований шляхом використання фізичних відкриттів у технічних винаходах і виробництві, тобто реалізації науково-технічного прогресу, який, у свою чергу, детермінує зміст і структуру професійної підготовки, і тим самим впливає на зміст і структуру фізичної освіти в плані соціального замовлення.

Гносеологічний аспект процесу навчання фізики зумовлює інтеграцію методики вивчення електродинаміки з тими положеннями філософії, що є її світоглядними засадами, зокрема, теорія пізнання, закономірності розумової діяльності, оскільки вивчення електродинаміки належить до такої діяльності і водночас є інструментом пізнання [2]. У процесі історичного розвитку фізичної науки (як основного змістового компоненту шкільної фізичної освіти) разом з її методологічною основою змінювались і еволюціонували фізичні картини світу (механістична, електромагнітна, квантово-польова), що зумовило еволюцію структурних підходів у науковому пізнанні [4], тобто стилів наукового мислення (механістичний і діалектичний) і відповідно еволюцію типів наукової раціональності (*реляційний* – з акцентом на зв'язки та відношення і *діалектичний* – з акцентом на цілісно організований об'єкт, що розвивається) у підходах до методики вивчення електродинаміки. Ці гносеологічні процеси, історично зумовлені переорієнтацією в науці XX ст. від механістичної до еволюційно-синергетичної парадигми, визначили зміну і еволюцію вивчення електродинаміки та характер і спрямованість мето-

дичних пошуків.

Відповідна тематика досліджувалася в працях, присвячених історії фізики (М.В. Головко, Я.Г. Дорфман, Ф.М. Дягілєв, П.С. Кудрявцев, М. Льоцці, Б.І. Спаський, Н.П. Форостян та інші).

Коротко розглянемо історичні витоки науки електродинаміки [3].

– Вчення про електрику та магнетизм зароджується на зламі XVI-XVII ст. Це був початок експериментального методу дослідження природи. Виходячи за межи схоластики, наука визнала дослід основним джерелом пізнання.

– В XVII ст. з'являються праці вчених, які узагальнюють віковий тисячолітній досвід розвитку науки, які формували засади експериментального і теоретичного методів фізичного дослідження, основи наукового світогляду (І. Ньютон, Р. Декарт, Г. Галілей, Р. Бекон, Х. Гюйгенс, О. Геріке й інші).

– Початок вчення про електрику та магнетизм пов'язано з 1600 р., коли з'являється книга У. Гільберта «Про магніт». У неї вперше було представлено систематичне експериментальне дослідження електричних і магнітних явищ і надані перші ескізи теоретичних узагальнень фактичного матеріалу. Заслуга Гільберта полягала у ретельної перевірці та класифікації фактів, встановленні специфічності електричних та магнітних сил, які до цього не мали чіткого визначення і змішувалися воєдино.

– Ш. Дюфе відкриває в 1733 р. два роди електрики, які назвав: «скляним» і «смоляним».

– Гіпотезу ефіру для пояснення природи електричних взаємодій використовував І. Ньютон.

– В другій половині XVIII ст. почалось практичне використання електрики: Б. Франклін, Г. Ріхман, М. Ломоносов, Ф. Епінус.

– В 1759 р. видається праця Епінуса «Досвід теорії електрики та магнетизму», в якій критично узагальнено відомі факти і зроблено перша спроба побудови кількісної теорії електричних явищ.

– Вчення про електрику стало наукою тільки після встановлення закону Ш. Кулона, який дав кількісне визначення сили взаємодії між двома зарядами.

– У 1839 р. К. Гаус дав визначення кількості електрики на основі закону Кулона.

– У 1843 р. М. Фарадей вперше відкрив закон збереження електрики.

– Л. Гальвані у 1791 р. відкрив фізіологічну дію електричного струму.

– А. Вольта в 1800 р. зробив відкриття (побудував перший генератор електричного струму – Вольтів стовп) на основі спостережень Л. Гальвані. З цього винаходу була розпочата нова епоха в історії людства – епоха електрики.

– В 1797 р. О. Гумбольдт описав явища електролізу.

– В 1820 р. А. Ампер встановив закономірності взаємодії провідників із електричним струмом.

– У 1820 р. Х. Ерстед відкрив закономірний зв'язок між електричними і магнітними явищами, тобто встановив, що хімічні перетворення є причиною виникнення електричного струму в гальванічному елементі.

– В 1826 р. Г. Ом довів закон пропорційності між силою струму і різницею напруги.

– У 1834 р. М. Фарадей відкрив закон еквівалентності електролізу.

– В 1847 р. Р. Кірхгоф вирішив проблему розгалуження струму шляхом встановлення відповідних правил.

– В 1833 р. К. Гаус і В. Вебер визначили принцип функціонування телеграфу з однією лінією.

– В 1831 р. М. Фарадей відкрив закон електромагнітної індукції, а в 1833 р. Е.Х. Лєнц виявив правила струму індукції.

– В 1867 р. В. Сіменс замістив стальні магніти в індукційних машинах на електромагнітні, чим застосував динамо електричний принцип.

Історія вітчизняної загальноосвітньої школи доводить, що на постановку навчання фізики, зокрема електродинаміки, впливають вчені, діяльність яких пов'язана із школою. Прикладами можуть слугувати такі відомі фізики як М.В. Ломоносов, Ф.Н. Шведов, М.О. Умов, О.Д. Хвольсон, Г.Г. де-Метц, Й.Й. Косоногов, І.П. Пулюй, С.І. Вавилов, А.Ф. Йоффе, М.Д. Пильчиков, Г.С. Ландсберг, І.К. Кикоїн та інші.

Окремі питання розвитку методичної думки в Україні в історичному аспекті розглядалися в працях відомих методистів-фізиків О.І. Бугайова, С.У. Гончаренка, О.І. Ляшенка, В.М. Мацюка, А.І. Павленка, О.В. Сергєєва, Є.М. Сульженко, О.В. Школи та ін.

На теренах України електромагнітні явища досліджували вчені-методисти:

– професор Київського університету М.П. Авенаріус (у 1866 р. захистив докторську дисертацію «Про електричні різниці металів при різних температурах»);

– професор Київського університету М.М. Шиллер (у 1876 р. захистив докторську дисертацію «Діелектричні властивості кінців розімкнутих струмів у діелектрику»);

– Г.Г. Де-Метц (удосконалив метод Д. Максвелла);

– професор Київського університету Й.Й. Косоногов (відомий методист та автор концентричного підручника з фізики для середньої школи) у праці «До питання про діелектрики» дослідив теорію електричних коливань, розробив методи вимірювання діелектричної проникності неполярних рідин для сантиметрових хвиль;

– професор Харківського університету О.П. Грузинцев (в магістерській дисертації «Електромагнітна теорія світла» проаналізував теорію Максвелла і описав поширення хвиль в різних середовищах, заломлення та поля-

ризацію);

– професор Харківського та Новоросійського університетів М.Д. Пильчиков вивчав електронну фотографію;

– доцент Новоросійського університету М.О. Умов (у 1874 р. ввів поняття руху і потоку енергії, розвинув теорію поля і вивів рівняння руху енергії в середовищі); Д. Пойтінг розглянув окремий випадок вектора М. Умова для електромагнітного поля і тепер в фізиці користуються вектором Умова-Пойтінга;

– професор Одеського університету Ф.Н. Шведов займався питаннями електронної оптики, напівпровідниками, вивчав іскровий розряд.

Як бачимо, у закладенні підвалин науки електродинаміки значну роль відіграла творча діяльність багатьох учених.

Досягнення, еволюцію та тенденції розвитку методичної науки слід розглядати в нерозривному зв'язку з етапами, що характеризують прогресивно-поступальний рух суспільства, та кардинальними соціально-економічними змінами. Будь-який період має характеризуватися докорінними змінами в цілях навчання (співвіднесеності освітніх, виховних, розвивальних і практичних завдань), внаслідок чого відбувається зміна змісту та структури середньої фізичної освіти. Кожному періоду розвитку методики вивчення електродинаміки мають відповідати принципові зміни самої методичної науки, що пов'язані з появою нових методичних ідей, концепцій, теорій і принципів, які потребують кардинального перегляду усталених і сформованих поглядів.

При побудові періодів розвитку методики вивчення електродинаміки необхідно брати до уваги історію розвитку дидактики як науки, оскільки вона має загальний з методикою об'єкт, співвідносячись з нею як ціле та часткове. Аналіз зв'язку методичної науки з іншими соціальними явищами дозволяє з'ясувати дійсні причини непоясненних інакше процесів і явищ, корені яких знаходяться не в самій методиці вивчення електродинаміки як у педагогічній науці, а в історичних обставинах.

Для кожного періоду характерним є зміна організаційних форм науки, а також включення у науковий обіг нових джерел.

Для кожного періоду розвитку методики вивчення електродинаміки характерна наявність основного протиріччя між суб'єктивним моментом у науковому русі (поглядах учених, учителів-новаторів, стилем їх мислення, світогляду) з одного боку, та об'єктивним змістом наукових і методичних знань, з іншого. Корені цих протиріч породжуються і закріплюються соціальними умовами.

Кожний період історії методики вивчення електродинаміки характеризується певним загальним станом науки, що називається революцією, оскільки перехід до нового періоду в розвитку наукового пізнання завжди пов'язано з кардинальним руйнуванням старих усталених поглядів і принципів, із заміною їх найбільш прогресивними поглядами, концепціями та

теоріями.

Для будь-якого періоду характерним є наявність видатних методистів-фізиків і фізиків-педагогів, діяльність і праці яких спричинили революційний вплив на розвиток методичної думки і постановку вивчення електродинаміки в навчанні фізики у середній загальноосвітній школі.

Як бачимо, в Україні були закладені необхідні практичні і теоретичні умови для розроблення методики вивчення електродинаміки в загальноосвітній школі. Прискорення темпу розвитку науки, техніки, технології і всіх аспектів соціального життя розширили цілі і завдання освіти у XXI ст., зумовивши активні пошуки нових дидактичних концепцій і підходів до навчання фізики, які відповідають новим соціально-економічним умовам.

Сучасна методика навчання електродинаміки – це результат діяльності і пошуків багатьох поколінь учених, педагогів-фізиків і вчителів, які внесли цінний вклад у розвиток прогресивної педагогічної думки. Без історії немає теорії предмету, а значить, і наукового підходу до розв'язання навчально-виховних завдань в школі. Як відомо, нові ідеї завжди виникають на базі узагальненого попереднього досвіду, який полегшує виявлення закономірностей, що лежать в основі процесу навчання і виховання, а також допомагає правильно використовувати ці закономірності для успішного розв'язання завдань, що стоять перед школою. Всебічне вивчення історії розвитку навчання фізики, зокрема електродинаміки, має важливе практичне значення [5].

Література:

1. Волошина А.К. Історико-методичний аналіз розвитку технології розв'язування фізичних задач у середній загальноосвітній школі. – Дис. канд. пед. наук. – Запоріжжя, 2000. – 233 с.
2. Голин Г.М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1987. – 127 с.
3. Кудрявцев П.С. Курс истории физики: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по физ. спец. – 2-е изд., испр. и доп. – М. :Просвещение, 1982. – 448 с.
4. Ракитов А.И. Историческое познание. – М.: Издательство политической литературы, 1982. – 303 с.
5. Сосницька Н.Л. Фізика як навчальний предмет у середній загальноосвітній школі України: історико-методологічні і дидактичні аспекти. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2005. – 399 с.

ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ РУХУ ПЛАНЕТ В ШКІЛЬНИХ ПІДРУЧНИКАХ

Л.Б. Осауленко
м. Київ, Юридичний ліцей ім. Я.Ю. Кондратьєва
Київського національного університету внутрішніх справ
osaulenko.knuvs@mail.ru

Переглядаючи параграфи сучасних підручників з астрономії, в яких йдеться про закони руху планет, можемо побачити, що на цю досить цікаву та пізнавальну тему відводиться приблизно сторінка тексту [2; 3; 4; 7]. Для школярів залишається незрозумілим, як ці закони були отримані, як вони пов'язані із законом всесвітнього тяжіння І. Ньютона та яку роль у відкритті цих законів зіграли роботи Т. Браге. Для того, щоб пояснити ці закони, можна було б пояснити закон збереження моменту імпульсу, який не вивчається у шкільному курсі фізики, але чи потрібно додатково завантажувати учнів? У зв'язку з цим виникло питання: як викладалась ця тема у підручниках астрономії різних часів і як можна обійти цей закон?

Дослідження цього питання було розпочато П. Гіляровським в підручнику «Руководство к физике», який було видано в 1793 році [1]. В ньому не має наголосу на те, що це закони Кеплера, а розглядається загальний випадок руху тіла, на яке діє центральна сила. Навчальний матеріал викладається у такому прядку: рух по колу; рух, під час якого тіло описує криву лінію, яка має фокус; рух тіла по еліпсу.

Звичайно, ми не будемо викладати цей матеріал ретельно, оскільки він займає біля десятка сторінок і незручний для викладення на уроці, а тільки окреслимо основні моменти.

Рух тіла по колу під дією сили, що спрямована до центру. Тіло рухається по колу певного радіуса під дією сили, спрямованої до центра. Якби не було притягання, то тіло рухалося б прямолінійно і не потрапило б в певну точку цього кола і так далі. Оскільки всі дуги нескінченно малі, то можна стверджувати, що і трикутники, побудовані на цих дугах, мають однакову площу, оскільки мають спільну вершину і рівні основи.

Далі розглядається *випадок, коли тіло рухається по кривій, яка має фокус.* Автор доводить, що в цьому випадку сила, яка діє на тіло, обернено пропорційна квадрату відстані від фокуса до тіла. Наступний крок – рух тіла по еліпсу. Однак для того, щоб викладати ці міркування, необхідно насамперед ознайомити учнів з теоретичним матеріалом, який пов'язаний із цією фігурою, на що зазвичай на уроці не вистачає часу. Тому наведемо лише висновки. В еліпсах сектори, які описані за однакові часи, відносяться як квадратні корені більшої вісі. Уся площа еліпсу пропорційна часу обертання T, помноженому на $\sqrt{p}$ (де $p = \frac{2b^2}{a}$ – параметр еліпсу, a і b – велика та

мала осі еліпса). В цьому випадку $T\sqrt{p} = 4ab$ і, відповідно, $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$.

«Руководство космографии и физической географии» за авторством О. Малініна і К. Буреніна, друге видання якого вийшло в 1868 році (і витримало 14 видань), теж містить закони Кеплера [5]. Але особливу увагу автори звертають саме на другий закон – закон збереження площ. Як пишуть автори, із спостережень відомо, що кутова швидкість Сонця обернено пропорційна квадрату відстані і, відповідно, добуток кутової швидкості на квадрат відстані для різних точок траєкторії є величиною сталою. Позначимо TS_1 як r_1, TS_2 – r_2 (рис. 1) Оскільки дуги S_1A і S_2B дуже малі, то $TS_1=BT$, а $TS_2=AT$. Визначимо площі відповідних секторів. Відомо, що площа сектора у стільки ж разів менша площі кола, у скільки разів число градусів у дузі сектора менше 360^0. Тому, позначивши площі секторів відповідно m_1 і m_2,

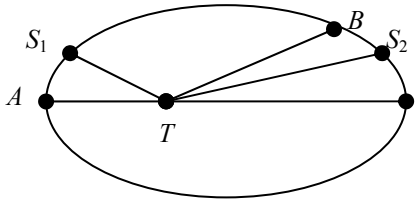


Рис. 1

мажемо записати: $\frac{m_1}{\pi r_1^2} = \frac{\upsilon_1}{360}$ і $\frac{m_2}{\pi r_2^2} = \frac{\upsilon_2}{360}$ (символами υ_1 і υ_2 автори позначають кутові швидкості – Л.Б.). Знайдемо m_1 і m_2 з цих виразів: $m_1 = \frac{\pi}{360}\upsilon_1 r_1^2$, $m_2 = \frac{\pi}{360}\upsilon_2 r_2^2$. Праві та ліві частини цих рівнянь однакові. З вищезазначеного випливає рівність площ секторів. Другий закон Кеплера отримано.

Трохи більше 100 років тому, у 1902 році, вийшов підручник С. Щербакова «Курс космографії» [9]. В підручнику присутні всі закони Кеплера. Третій закон автор отримує як наслідок зміни прискорення по величині і напрямку $\frac{a_1}{a_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$. Як відомо, прискорення обернено пропорційне квадрату відстані від Сонця: $a = \frac{\upsilon^2}{R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$. Знаходячи прискорення для двох планет і їх відношення, отримуємо: $\frac{a_1}{a_2} = \frac{R_1}{T_1^2}\frac{T_2^2}{R_2}$, або $\frac{R_1^2}{R_2^2} = \frac{R_1}{T_1^2}\frac{T_2^2}{R_2}$. Виконуючи певну операцію, отримаємо: $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$. Трохи пізніше автор вносить поправку в цей закон. Для цього він розглядає сумісний рух двох тіл: Сонця і будь-якої планети.

І Сонце, і планета обертаються навколо спільного центру, тому мажемо побудувати їх відносні орбіти. Тоді прискорення планети відносно цього

центру буде дорівнювати сумі прискорень обох тіл. Враховуючи те, що із закону всесвітнього тяжіння прискорення знаходяться як $a_m = k\frac{m}{R^2}$ і $a_M = k\frac{M}{R^2}$, їх сума буде $a_0 = k\frac{(m+M)}{R^2} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$. Після чого автор робить теж саме для іншої планети. В результаті поділу одного рівняння на інше автор отримує: $\frac{R_1^3}{R_2^3} = \frac{\left(1+\frac{m_1}{M}\right)}{\left(1+\frac{m_2}{M}\right)}\frac{T_1^2}{T_2^2}$. При цьому зазначає, що при $\frac{m}{M} \to 0$ отримаємо вже відомий закон Кеплера.

Далі автор отримує другий закон Кеплера. Як і в попередньому підручнику припускається, що сила діє тільки в певні моменти часу на початку кожної ділянки траєкторії. Але, на відміну від попереднього автора, С. Щербаков робить побудову для загального випадку.

Нехай за дуже малий інтервал часу тіло пройшло певний відрізок. Якби сила не діяла, то воно за такий же час перемістилося б у іншу точку, рухаючись по дотичній. Але на нього діяла миттєва сила і, відповідно, тіло опинилося у точці, яка лежить на колі. Площі секторів, які при цьому описує тіло, дорівнюють площі трикутників, оскільки ці трикутники мають спільну вершину и однакові основи. Отримали другий закон Кеплера. Автор також доводить, що якби сила була спрямована не до центра, то певні трикутники не мали б однакових площ і другий закон Кеплера не виконувався б. Як висновок – цей закон є наслідком того, що сила спрямована вздовж радіус-вектора до Сонця.

В 1894 вперше вийшов підручник «Начала космографии (математическая география)» М. Попруженка [6]. В розділі «О планетах» автор також формулює законі Кеплера и виводить перший і другий закони.

Для того щоб отримати перший закон скористаємось геліоцентричною системою координат. Позначимо S – Сонце, M – планета, T і T' – два положення Землі, розділені інтервалами часу, що дорівнюють сидеричному оберту планети, m – проекція планети на площину екліптики, $T\gamma$, $T'\gamma$, $S\gamma$ – напрям на точку весняного рівнодення.

Будемо вважати що відомі кути:

1) α і α' – геоцентричні довготи планет;

2) β і β' – геоцентричні довготи Сонця;

3) кути MTm і $MT'm$ – геоцентричні широти планет;

4) радіус-вектори відомі з теорії рухів Сонця та Землі;

5) кут між радіус-векторами теж відомий з теорії рухів.

Питання полягає в тому, щоб визначити: 1) геліоцентричну широту планети; 2) геліоцентричну довготу планети; 3) радіус-вектор планети.

Цю задачу можна розв’язати, роздивляючись відповідні трикутники, а

за отриманими координатами по точках побудувати траєкторію руху планети.

В підручнику також наводиться і інший варіант доведення цього закону в параграфі «Проверка положения об эклиптическом пути Солнца». Для еліпсу вірне рівняння $r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos Q}$, де Q – кут між радіусом-вектором і більшою напіввіссю. В нашому випадку цей кут є сумою щодобових кутових переміщень Сонця по екліптиці. Найменша відстань від Землі до Сонця $d=a(1-e)$. Звідси $a = \frac{d}{1-e}$. Підставляючи цей вираз у попередній, отримаємо рівняння еліпса.

В підручнику автор також наводить доведення і другого закону Кеплера. Знайдемо площі фігур. Їх можна вважати за сектори кола, а, як відомо, є певне співвідношення між площами кола і сектора. Як бачимо, після відповідної підстановки другий закон Кеплера буде доведено. Автор акцентує увагу на законі всесвітнього тяжіння. Для початку записується сила, яка діє на планету: $F = \frac{m\upsilon^2}{R}$. Далі підставляється вираз для швидкості $\upsilon = \frac{2\pi R}{T}$. Отримаємо: $F = \frac{4\pi^2 mR}{T^2} = \frac{4\pi^2 mR^3}{T^2}\frac{1}{R^2}$. За третім законом Кеплера $\frac{R^3}{T^2} = K = \text{const}$, тому $F = m\frac{4\pi^2 K}{R^2} = \frac{\alpha m}{R^2}$, де $\alpha = 4\pi^2 K$. За третім законом Ньютона дія дорівнює протидії, тому сила, з якою Сонце діє на планету, дорівнює силі, з якою планета діє на Сонце. Прирівнявши ці сили отримаємо: $\frac{\alpha m}{R^2} = \frac{\alpha' M}{R^2}$. Оскільки α не залежить від маси планети, можемо записати: $\alpha' = \varphi m$, де φ – стала, яка не залежить ні від маси тіл, ні від відстані між ними. Остаточно $F = \frac{\varphi M m}{R^2}$.

В 1930 році вийшов перший український підручник астрономії, написаний професором С.В. Чорним «Курс описової астрономії», який був виданий у Харкові і Києві [8].

В розділах XVIII і XIX автор пояснює закони руху планет і доводить закони Кеплера. Перший і другий закони автор викладає май же так само, як це зроблено у підручнику С. Щербакова. Тому відразу перейдемо до третього закону.

Тіла m_1 і m_2 притягаються з однаковими за величиною силами. Нехай маса $m_1 > m_2$. Надамо тілу m_1 прискорення в протилежному до початкового напрямку. Щоб в результаті нічого не змінилося, другому тілу треба надати таке ж саме за величиною прискорення. В цьому випадку перше тіло буде

нерухомим, а друге тіло буде мати прискорення $a = f\frac{(m_1 + m_2)}{R^2}$, яке можна також знайти як $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$. Тоді $T^2 f(m_1+m_2)=4\pi^2 R^3$, що є справедливим не тільки для двох точок, а й для системи «Сонце–планета». Ньютон довів, що однакові кулі притягають одна одну так, як нібито їх маси знаходяться в середині цих куль. Тому для систем «Сонце–планети» отримаємо виправлений третій закон Кеплера.

З вищевикладеного видно, що в минулі часи на рух планет и закони, за якими ці рухи відбуваються, зверталось більше уваги, ніж у сучасних підручниках. Для того щоб покращити знання учнів як з астрономи, так і з фізики, а також на прикладі продемонструвати, що в шкільних курсах природничо-математичних дисциплін вони вивчають не окремі науки, а навколишній світ, доцільно звернути більше уваги вкладанню цього учбового матеріалу. Під час його вивчення як домашнє завдання можна запропонувати учням практичну роботу, під час виконання якої вони зможуть, ідучи шляхом великих вчених, самостійно перевірити вивчені відомості.

Література

1. Гиляровский П. Руководство к физике. – С.-Пб.: Тип. Вильковского. – 1793. – 503 с.
2. Засов А.В., Кононович Э.В. Астрономия для 11 классов для школ и классов с углубленным изучением физики и астрономии. – М.: Просвещение. – 1993. – 160 с.
3. Замятин А.Г. Простой вывод уточненного закона Кеплера // Физика в школе. – 1972. – №5.
4. Климишин І.А., Крячко І.П. Астрономія. 11 клас. – К.: Знання України, 2002. – 192 с.
5. Малинин А., Бутенин К. Руководство космографии и физической географии. – М.: Типография А.В. Васильева. – Изд-е 12. – 1900. – 259 с.
6. Попруженко М. Начала космографии (математическая география). Изд-е 3, дополненное и исправленное. – М.: Типография Н.Н. Шарапова, 1900. – 152 с.
7. Пришляк М.П. Астрономія. 11клас. – Х.: Ранок, 2003. – 143 с.
8. Чорний С.Д. Курс описової астрономії. – Х–К., 1930. – 268 с.
9. Щербаков С. Курс космографии. – Нижний Новгород: Типография Нижегородского Тов-ва печатн. дела «Н.И. Волков и К^0», 1902. – 184 с.

ІГОР ВАСИЛЬОВИЧ КУРЧАТОВ – ФІЗИК, ЯКИЙ ДОСЛІДЖУВАВ І СКОРЯВ АТОМ

Т.М. Попова
м. Київ, Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова
ptn1311@yandex.ru

Історію науки і техніки створювали люди – вчені та інженери-дослідники. Їх роль у формуванні культурно-наукових засад становлення людської культури величезна. Вчені з безмежною відданістю працювали над пошуками істини, ціною неймовірних зусиль добували знання, інколи свідомо або несвідомо наражаючись на небезпеку своїх власних творчих експериментів. Інженери і винахідники використовували новітні знання для потреб практичного застосування та розвитку техніки. Більшість із них поєднували наукові дослідження з педагогічною діяльністю, брали участь у вихованні майбутнього покоління, покладали багато зусиль для популяризації наукового знання. Неможливо переоцінити важливість здобутків наукової й інженерно-конструкторської діяльності в розвитку земної цивілізації як для її минулого, так і майбутнього. Освіта молодого покоління в процесі оволодіння надбаннями культури людства стає неможливою без всебічного вивчення історії розвитку науки і техніки.

Як наука є феноменом культури, так і природничо-наукові (фізичні) знання є феноменом культурологічних знань, які у всій своїй різноманітності формують світогляд особистості. Таким чином, у процесі навчання фізики стає штучним і невиправданим розподіл знань на фізичні (природничонаукові) і культурологічні (культурно-історичні). Роль фізичних знань культурно-історичної спрямованості на всіх етапах навчання показана в науково-методичних працях сучасних спеціалістів з методики фізики: П.С. Атаманчука, О.І. Бугайова, М.В. Головка, С.У. Гончаренка, Г.Г. Кордуна, Ю.І. Мальованого, В.М. Мощанського, А.І. Павленка, Б.А. Суся, Е.В. Савьолової, П.І. Самойленка, О.В. Сергєєва, В.П. Сергієнка, В.Д. Шарко, М.І. Шута та багатьох інших. Автори висвітлюють різні аспекти культурно-історичного підходу до навчально-виховного процесу з фізики як у загальноосвітній, так і у вищий школі, який припускає одночасне введення в науку і культуру, опанування знанням про сутність науки і культури як світу людини, ознайомлення з історією розвитку науки і культури людського суспільства.

В останні роки відбувається пожвавлення інтересу педагогів до використання в навчальному процесі відомостей з історії фізики про видатних вчених, які мали українське коріння, отримували освіту в Україні, приймали участь у становленні національної фізичної науки. Так для вчителів і учнів, викладачів і студентів відкрились, або стали відомими нові сторінки біографій М.П. Авенаріуса, Б.М. Горбунова, Ю. Дрогобича, О.Д. Засядька, С.П. Корольова, І.П. Пулюя, Ю.В. Кондратюка, А.М. Люльки, Д.І. Менделє-

єва, М.Д. Пильчикова, К.Е. Ціолковського та багато інших вчених, дослідників, конструкторів, інженерів, життєвий і творчий шлях яких нерозривно поєднані з історією України.

Стаття є спробою висвітлення творчого шляху І.В. Курчатова з точки зору впливу соціокультурних та історичних процесів XX століття на життя і наукову діяльність видатного вченого, який близько 15 років прожив у Криму, отримав загальну і фахову освіту в Криму (Кримський університет) і деякий час працював, проводячи метеорологічні та наукові дослідження у Феодосії й Севастополі.

Академік І.К. Кікоін у статті, присвяченій 80-річчю з дня народження академіка Курчатова, писав так: "В історії фізики відомі імена видатних вчених, які своїми трудами випереджали свій час. Так, Ломоносов на століття раніше "строку" сформулював ідею молекулярно-кінетичної теорії, а Ціолковський на півстоліття випередив еру ракетної техніки. Сучасні цим вченим наука і техніка не були підготовлені до сприйняття їхніх ідей. Такі обставини в деякому сенсі були лихом для таких, безумовно великих вчених: вони не були визнані сучасниками. Істинно щасливий той вчений, який іде "в ногу" з часом. А цей вчений (*І.В. Курчатов*), у такому сенсі, був дійсно щасливим вченим. Він незмінно інтуїтивно відчував розвиток сучасної йому фізики, завжди займався найбільш животрепетними питаннями фізики" [6, 85].

Академік Г.М. Фльоров відмічав, що "...життя і діяльність І.В. Курчатова відрізнялись величезним наповненням і напругою. Він розв'язував найрізноманітніші проблеми практично одночасно. Скільки для цього вимагалось від нього сил та енергії, бажання та натхнення! Всі ми можемо повчитися в нього цілеспрямованості, невичерпному бажанню бути корисним Вітчизні, вимогливості до себе, щиросердечної шляхетності і скромності" [1, 8].

Ці слова видатних фізиків, присвячені славетному "...вченому-фізику, організатору науки, родоначальнику вчення про сегнетоелектрику, основоположнику російської школи ядерної фізики" [9] – І.В. Курчатову – найточніше характеризують творчу, наукову і громадську діяльність Ігоря Васильовича, дитинство і отроцтво якого пройшли в Криму, і який через все своє життя проніс любов до Кримської землі і до Чорного моря.

Народився Ігор Васильович у селищі Сім Уфимської губернії на Південному Уралі 30 грудня 1902 року (за ст.ст.) або 12 січня 1903 року (за новим ст.) у родині Василя Олексійовича і Марії Василівни Курчатових.

Дід – Олексій Костянтинович Курчатов – працював на чавуноливарному заводі Балашова. Він з простих гірничозаводських робочих вибився в скарбники. Ціною багатьох нестатків дід дав усім своїм дітям – шістьом синам і двом дочкам – середню освіту [1, 9]. В умовах царської Росії таке траплялось рідко [11, 5].

Батько – Василь Олексійович – спочатку навчався у двокласній Благо-

вєщенській школі, потім поступив до Уфимського землемірного училища (рис. 1). У 1888 р. він отримав звання приватного землеміра і повернувся до рідного селища, де почав працювати помічником лісничого. Мати – Марія Василівна Остроумова – росла в родині парафіяльного священика (рис. 2). Вона закінчила училище з правом на звання домашньої вчительки і працювала у сільській школі. Зустрівшись, молоді люди закохались і одружились.

Рис. 1. Василь Олексійович Курчатов

Рис. 2. Марія Василівна Курчатова

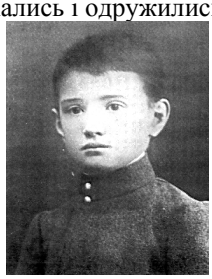


Рис. 3. Ігор Курчатов – учень гімназії

Крім Ігоря в родині ще були старша донька Антоніна і молодший син Борис. Перші уроки з мови і арифметики діти отримали від матері, а коли прийшов час продовжувати освіту, родина переїхала у Симбірськ (тепер Ульянівськ). У 1909 р. сестра вступила до гімназії. Матеріальне положення родини значно ускладнюється, але бажання дати дітям повноцінну освіту батьки ставлять вище матеріального благополуччя. У Симбірську родина Курчатових прожила недовго. Дочка захворіла на туберкульоз, і лікарі порадили змінити клімат. 1912 року вони переїжджають до Криму. У Курчатових не вистачає коштів оселитися на Південному березі, і вони залишаються в Сімферополі. Однак запобігти нещастю не вдалося, вмирає п'ятнадцятирічна Антоніна. І знову нестача коштів не дозволяє родині повернутися до Симбірську, і Курчатови залишаються у Сімферополі [1, 10-12].

Ігор вступає до міської гімназії (рис. 3) – навчального закладу із сформованими педагогічними традиціями, якому у 1912 р. виповнилось 100 років. Пам'ятали стіни гімназії відвідування попечителем Одеського навчального округу знаменитим хірургом і педагогом М.І. Пироговим, видатним педагогом К.Д. Ушинським під час роботи другого з'їзду вчителів Таврійської губернії, уроки старшого вчителя Д.І. Менделєєва – майбутнього видатного хіміка. Вчителі одразу звернули увагу на здібність, допитливість та працьовитість Ігоря Курчатова. Математик пророкував йому велике математичне майбутнє, вчитель словесності бачив у ньому майбутнього літератора, а директор гімназії Крапчинський – майбутнього золотого медаліста [11, 7].

Його цікавість була різнобічною. Він із захопленням грав у оркестрі на мандоліні і балалайці. Ця дитяча захопленість музикою перетворилась у велику любов до неї. Не дивлячись на велику, а часом і неймовірну зайня-

тість, Ігор Васильович зрідка не відмовляв собі в задоволенні послухати улюблених композиторів. З особливою увагою він слухав музику Рахманінова.

Ігор багато читав. У молодших класах він захоплювався пригодницькою літературою. Пізніше, під впливом особистості вчителя словесності Л.В. Жирицького, бібліотекою якого активно користувався юнак, читання набуло більшої цілеспрямованості.

Сімферопольський період життя відіграв значну роль не тільки в духовному, а й у фізичному формуванні майбутнього вченого. Діти грали в різноманітні ігри, у тому числі й у футбол. За спогадами брата Бориса Ігор був "... душею й визнаним ватажком команди". Друзі цінили його характер – сміливий, рішучий, непримиримий до будь-якої несправедливості.

Вільний від навчання час заповнювався не тільки захопленнями та іграми. Роки були важкими. Перша світова війна ще більш ускладнила матеріальне становище родини Курчатових. І юний гімназист багато допомагає батькам. Він береться за будь-яку роботу – пиляє дрова, сторожить городи, працює чорноробом на будівництві залізниці "Бахчисарай – Бішуйськ" (тепер Інкерман), займається сільським господарством. У деяких селищах поблизу Сімферополя жили німці. Майже кожна німецька родина мала сільськогосподарську техніку – молотарку, паровик, іншу збиральну техніку. Вигляд і робота механізмів привертають увагу братів Курчатових, незабаром вони стали розумітися у всіх тонкощах збиральної техніки, інколи замінюють механіка, який обслуговував паровик.

Ще гімназистом Ігор Курчатов вирішує стати інженером і цілеспрямовано готує себе до майбутньої діяльності, збирає технічну літературу. З однокласником Володимиром Луценком самостійно вивчає аналітичну геометрію в обсязі університетського курсу, розв'язує багато задач. Навчається слюсарній справі. Вступає до ремісничої вечірньої школи й отримує кваліфікацію слюсаря [1, 12-13].

Не дивлячись на важкі часи, саме в цей період життя виникла і зміцнилась любов Ігоря до моря. У 1912 р. він уперше побачив море, коли батько привіз родину до Алушти. Враження були дивовижними. Хлопчики купались, загоряли, батько вчив їх плавати. І вже дорослий та знаменитий Ігор Васильович де не відпочивав – у Сріблястому Бору на Москва-ріці, на морі – він завжди любив поплавати або просто покачатися на хвилі.

Весною 1920 року Ігор закінчує гімназію із золотою медаллю. Хоча медаль він так і не отримав, тому що у ці неясні часи не знайшли в усьому Криму навіть одного екземпляру. Вибирати, де продовжувати освіту, не приходилося. Війна, Крим був ізольований. У Сімферополі знаходився тільки один вищий навчальний заклад – Таврійський університет, студентом якого становиться Ігор Курчатов з вересня 1920 року [11, 9].

Таврійський університет – це стихійне дітище неясного періоду нашої історії. На початку століття біля Алушти був влаштований будинок відпо-

чинку для професорського складу вищих навчальних закладів. Особливо багато там відпочивало викладачів Київського і Петербурзького університетів. Окупація Криму німецькими військами у 1918 р. зробила неможливим повернення додому відпочиваючих професорів та їх молодих колег. За ініціативою деяких з них влітку у місті Сімферополі був організований Таврійський університет, в якому в перші роки існування працювали провідні фахівці: відомий математик М.М. Крилов, фізики-теоретики І.Є. Тамм, Я.І. Френкель, видатний хімік та металознавець О.О. Байков, професори Л.О. Вишневський, М.С. Кошляков, М.Л. Франк. Очолює новий університет ректор – академік В.І. Вернадський (перший президент Української Академії наук), чиє ім'я носить університет у наш час.

І. Курчатов став студентом математичного відділення фізико-математичного факультету. У його групі навчались 19 студентів. Знов доводилось нелегко. Навіть не було необхідного одягу. Треба було не тільки навчатися, а й працювати. Ігор працює вихователем у дитячому садку, наладчиком в автомобільному гаражі, пиляє дрова на консервній фабриці. Суворий час знайомить Курчатова з різними людьми, з різними професіями, навчає розуміти життя з різних сторін. Мабуть у ці роки Курчатов оволодів умінням працювати з людьми, швидко знаходити контакти з усіма. Знаменита "курчатівська комунікабельність" внесла неоціненний внесок в успішне розв'язання "уранової проблеми", коли він очолював велику армію спеціалістів від керівників міністерств і до простого робочого. Приходу Курчатова завжди чекали, тому що після його відвідування обов'язково з'являлось позитивне вирішення будь-якої проблеми [11, 10].

Рис. 4. Ігор Курчатов з друзями І. Поройковим (зліва) та Б. Ляхницьким (справа)

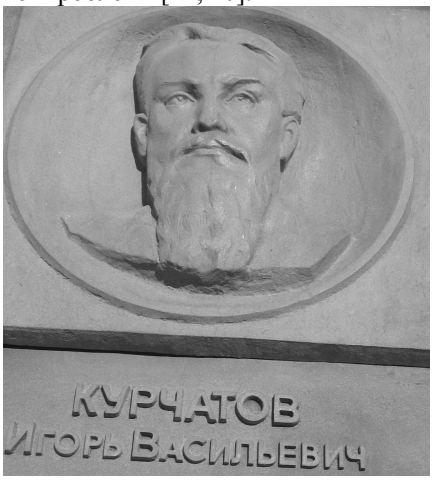


Рис. 5. Меморіальна дошка на центральному вході Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського (м. Сімферополь)

Після встановлення радянської влади в Криму студенти отримали можливість по-справжньому вчитися. Їм стали видавати продовольчі пайки, була можливість кожен день безкоштовно обідати в студентській їдальні.

Матеріальна база університету була слабкою. В лабораторіях не вистачало необхідного обладнання, в бібліотеці – книжок. Але навчальний процес завдяки героїчній праці провідних викладачів не зупинявся. Професор О.О. Байков читав курс хімії із супроводженням ефективними дослідами. З блиском, властивим Я.І. Френкелю, він знайомить першокурсників з фізикою. Професор Л.О. Вишневський у курсі математичного аналізу викладає теорію множин, що не ввійшла ще ні до одного стаціонарного підручника. У таких навчальних умовах велике значення мали конспекти лекцій. Кирилу Синельникову, який вступив до університету на два місяці пізніше, було б тяжко, якщо б на допомогу не прийшов Ігор Курчатов. Уміння пояснювати та хороші конспекти Ігоря дозволили новому товаришу наздогнати однокурсників. Після першої сесії студентська аудиторія зменшилась майже наполовину. Серед тих, хто залишились, були майбутні академік К.Д. Синельников і професори Б.П. Ляхницький, І.В. Поройков (рис. 4), В.І. Луценко, М.Ф. Правдюк.

Зимою друзі Ігор та Кирило почали працювати в університетській фізичній лабораторії. Їх здібності й уміння були помічені. Кирило був зарахований на посаду механіка кафедри, а Ігор за рекомендацією професора С.М. Усатого – препаратором лабораторії. Тим самим до пайка додавалось 150 грам хліба, що полегшило їхнє життя у голодному Сімферополі. У першій половині дня друзі вчилися, а у другій – працювали в лабораторії: готували демонстрації для лекційних занять, ремонтували і виготовляли обладнання. А вечорами розбирали лекційні конспекти. Одного разу в шафі фізичного музею друзі знайшли коробочку з печаткою фірми “Хільгер”, де знаходилась скляна пластинка. Вони згадали, що щось подібне бачили у книзі німецького фізика П. Друде “Оптика”. То була пластинка Люм’єра-Герке. Незабаром на семінарі С.М. Усатого друзі продемонстрували досліди з розщеплення жовтої лінії гелію й поляризації її компонентів. Це була перша самостійна експериментальна робота. Через деякий час на тому ж семінарі І. Курчатов зробив доповідь за темою “Електродинаміка рухомих середовищ”. Ці події звернули увагу викладачів на творчий підхід до виконання службових обов’язків і до накопичення знань.

Після від’їзду Я.І. Френкеля до Петрограду фізику почав викладати шкільний учитель В.С. Вагін. Він запропонував друзям самостійно вивчити “Електродинаміку” Абрагама і Феппля та “Теоретичну оптику” Друде. Це були перші серйозні роботи з фізики, що тримали в своїх руках студенти. Після приїзду із Севастополя С.М. Усатого викладання фізики пожвавилося, він знав стан новітньої фізичної науки і викладав фізику за новими підручниками й посібниками А.Ф. Йоффе, які привіз із собою до Сімферополя. Семен Миколайович став для І. Курчатова та його друзів першим дійсним

учителем фізики. Через С.М. Усатого І. Курчатов заочно ознайомлюється з ідеями і працями академіка А.Ф. Йоффе (нар. 20 жовтня 1880 р. в м. Ромни Полтавської губернії – помер 14 жовтня 1960 р.) [11, 11-13].

Для здійснення своєї мрії стати інженером Ігор Курчатов зі своїми друзями вирішує достроково закінчити університет. Навесні 1923 р. він здає іспити за 3-й курс. А в літку проробляє програму 4-го курсу. В цей період його життя виявилась така риса курчатовського характеру, як разюча завзятість у досягненні мети. Він ішов попереду та вів за собою друзів. Після дострокового складання іспитів Курчатов виконує дипломну роботу з теми "Теорія гравітаційного елементу". Успішно її захищає й отримує диплом. 1923 р. [1, 20]. Ігор Васильович Курчатов став випускником Сімферопольського університету ім. Фрунзе (тепер – Таврійський Національний університет імені В.І. Вернадського). Чотирьохрічний курс університету пройдений за три роки. В університеті шанують пам'ять І.В. Курчатова. Його ім'я є у меморіальному списку видатних академіків – випускників і викладачів університету. А на центральному вході університету – меморіальна дошка, яка є свідченням невмирущої пам'яті про видатного вченого-фізика, академіка, який став дослідником і підкорювачем атома (рис. 5).

Восени 1923 року Ігор разом із друзями їде до Петрограда і вступає на суднобудівельний факультет Політехнічного інституту. Чому не на фізико-механічний, який організував А.Ф. Йоффе і де він був деканом? Мабуть, перемогли мрії про море. І знову матеріальне становище вимагало додаткової роботи одночасно з навчанням. За порадою одного з професорів І. Курчатов був прийнятий "спостерігачем" до Магніто-метеорологічної обсерваторії в Павловську, де науковим керівником був відомий професор В.М. Оболенський.

Наукова група І. Курчатова займалась дослідженням атмосферної електрики і радіоактивністі опадів. Після відкриття радіоактивності було з'ясовано, що на атмосферні явища істотно впливають продукти розпаду тяжких елементів, що виходять з ґрунту. Тобто атмосфера Землі являє собою величезну камеру Вільсона, в якій рухаються іони. Але коливання тиску в атмосфері значно менше ніж у камері, де візуалізуються швидкі частинки. В основному в атмосфері присутні радіоактивні іони радону, які при розпаді випромінюють α- та γ-промені, що стають центрами конденсації атмосферної вологи. Волога у вигляді опадів випадає на землю. Задачу, яку розв'язував І. Курчатов, полягала у вивченні радіоактивності опадів. І ще два явища треба було враховувати. Серед продуктів розпаду радону були й короткоживучі елементи, період напіврозпаду яких менший за час вимірювань. Крім того треба було враховувати поглинання α-частинок снігом.

І. Курчатов вивчив праці М. Кюрі, Е. Резерфорда, Г. Гейгера, Ч. Вільсона і сконструював іонізаційну камеру, де досліджував поталу воду. Вивчення залежності струму насичення від прикладеної напруги дало можливість зробити висновки стосовно радіоактивності опадів. Зокрема було

встановлено, що активність снігу в момент контакту із землею в середньому дорівнює $5{,}5 \cdot 10^{-11}$ Кюрі на 1 грам. Проте відносно середнього значення існують значні коливання. *Перша науково-експериментальна робота* Курчатова була опублікована у "Журналі геофізики і метеорології" [1, 20-23].

Але навчання було запущене, і І. Курчатова відраховують з інституту. Він повертається до Криму, де за рекомендацією професора-метеоролога М.М. Калініна поступає на Гідрометеорологічну станцію Чорного і Азовського морів у Феодосії інспектором спеціальних морських приладів.

За завданням Калініна Курчатов сконструював прилад з визначення мутності води. Світло від потужної лампи проходило крізь шар мутної води і падало на фотоелемент, з'єднаний з гальванометром, проградуйованим за еталонами мутної води. Щоб не утворювався осад, воду під час досліду перемішували. Визначення мутності відбувалось декілька секунд [1, 27].

За наступним завданням професора М.М. Калініна І. Курчатов став спостерігати коливання рівнів поверхні моря, де знаходились автоматичні прилади – мареографи. Коливання рівнів поверхні моря мають спільну природу з океанськими припливами. До 1912 року вважалось, що на Чорному і Азовському морях зміни поверхні води не відбуваються. В 1912 році професор Штернек довів існування "припливної місячної хвилі" (сейші – стоячі хвилі, що виникають під дією зовнішніх сил: атмосферного тиску, вітру, сейсмічних явищ тощо) з амплітудою 3,8 мм на Чорному морі у районі порту Констанції (Румунія). Потім сейші були виявлені для рівнів моря біля Одеси та Севастополя. Курчатов не тільки встановив величину амплітуд – 4~6 мм, а й знайшов залежність між цими коливаннями та рухом Місяця [11, 18-22].

У другій половині 1923 року із Сімферополя до Бакинського політехнічного інституту приїхав С.М. Усатий разом із К.Д. Синельниковим (рис. 6). І. Курчатов із Феодосії їде до Баку, де стає асистентом інституту. Відразу розпочинає дослідницьку діяльність. Цього разу його зацікавили досліди З.Є. Лобанової під керівництвом С.М. Усатого з "Електролізу при алюмінієвому аноді". З.Є. Лобанова стала першім із сорока співавторів публікацій І.В. Курчатова. Їхні досліди показали, що коли алюмінієвий електрод використовувати як катод, то процеси електролізу проходять за законами Фарадея. А якщо до нього приєднати позитивний потенціал, то струм миттєво зупиняється. Таке явище названо уніполярною провідністю. У випадку змінного струму такий електрод можна використовувати як випрямляч. Ця робота стала приводом до запрошення Ігоря Васильовича у Ленінградський фізико-технічний інститут (ЛФТІ) – у велику фізику, що зробив А.Ф. Йоффе (рис. 7) за рекомендацією С.М. Усатого та К.Д. Синельникова, який вже там працював з осені 1924 р. [11, 22-24].

З 1 жовтня 1925 р. І.В. Курчатов почав працювати на посаді "наукового співробітника І розряду" у відділі А.Ф. Йоффе. І вже 16 листопада 1925 р. до США була відправлена стаття І.В. Курчатова і К.Д. Синельникова

“Проходження електронів крізь фольги”, перекладена англійською мовою і опублікована у серпневому номері журналу “Physical Review” (1926). У статті розглядались можливості проходження електронного пучка осцилографа крізь екран (торець) для отримання зображення сигналів на зовнішньому боці приладу. Молоді фізики експериментально і теоретично довели, що таке явище можливе [11, 25-29]. Курчатов і Синельников стояли на порозі відкриття хвильової природи електронів, що була відкрита у наступному році американськими фізиками Девіссоном та Джермером [1, 33].

Рис. 6. К.Д. Синельников, П.П. Кобеко, І.В. Курчатов у лабораторії

Рис. 7. А.Ф. Йоффе, А.І. Аліханов та І.В. Курчатов (1933)

Рис. 8. Ігор Васильович з Мариною Дмитрівною (1927)

Рис. 9. І.В. Курчатов, Ю.С. Лазуркін, А.Р. Регель (1941, Севастополь)

Ігор Курчатов та Кирило Синельников не тільки разом працювали. У Ленінграді Ігор оселився в квартирі Синельникових: у двох кімнатах жили Кирило з сестрою Мариною, а у третій – маленькій – Ігор. У великій кімнаті стояв рояль. Вечорами у них збиралась молодь. Їхній викладач фізики з Таврійського університету Я.І. Френкель грав на скрипці. Його концерти супроводжувались бесідами про музику, про поезію і, звичайно, про науку.

Одного разу Ганна Порошкова, яка відвідувала лекторій культури, процитувала слова Ч. Дарвина: "Втрата музичного і поетичного смаків рівносильна втраті щастя і, можливо, шкідливо відбиватися на розумових якостях, а ще ймовірніше – на моральних якостях, так як послабляє емоційний бік нашої природи". Ці слова призвели велике враження на І.В. Курчатова. Він, навіть у періоди сильної зайнятості, приділяв багато уваги кіно, театру, музиці, не бажав "послабляти емоційний бік" своєї природи.

Чим більше І. Курчатов і Синельникови разом проводили вечорів, тим тепліше і ніжніше говорив Ігор про Марину Синельникову. І 3 лютого 1927 року Ігор і Марина (рис. 8) оголосили друзям про своє рішення одружитися. Весілля відсвяткували шумно й весело. Їх весільний подорож був подорожжю до оперного театру. Вони слухали "Євгена Онєгіна" й "Пікову даму" [1, 34-35].

У цей час до ЛФТІ був прийнятий Павло Павлович Кобеко підсобним робітником. Але зацікавлений П. Кобеко завжди був разом з дослідниками і швидко знаходив причини неполадок. І. Курчатов побачив у своєму робітникові майбутнього талановитого вченого і не помилився. П.П. Кобеко (рис. 6) став відомим фахівцем, членом-кореспондентом АН СРСР [1, 36]. П.П. Кобеко та І.В. Курчатов разом провели багато досліджень. Вони опублікували в співавторстві 17 статей. У перших їх дослідженнях, присвячених уніполярній провідності, було показано, що ефект уніполярної провідності характерний для цілого класу матеріалів. А праці з CuS та Cu_2S – як ми тепер називаємо напівпровідниковими матеріалами – були першим в Росії дослідженням нового класу кристалічних речовин [11, 33].

З лютого 1927 року І.В. Курчатов починає свою викладацьку діяльність. Він був прийнятий доцентом у Політехнічний інститут, де читав курс "Учення про природу діелектриків" [1, 36].

На початку 30-х років ЛФТІ отримав замовлення на розробку твердотільних спеціальних розрядників із саморегулюючим опором для захисту високовольтних ліній. Вирішення цієї проблеми було доручено групі І. Курчатова. Вимоги до матеріалу розрядників не з легких. При виникненні хвилі перенапруги в лінії (наприклад, за рахунок удару блискавки) розрядник має захищати від пробою ізолятори системи – відводити струм у землю. На цій стадії роботи він повинен мати малий електричний опір. В стаціонарному режимі під час відсутності підвищеної напруги, щоб не припускати витоку струму з лінії, опір розрядника має бути великим. Отже, розрядник має самостійно керувати своїм опором, відгукуючись на зовнішні сигнали. При-

стрій, який має такі властивості називається варистором. Група І.В. Курчатова вирішила і цю проблему. Основним матеріалом для виготовлення варисторів був обраний карбід кремнію *SiC*. Таким чином, *І.В. Курчатов може бути названий засновником досліджень з фізики варисторів.* Він не тільки дослідив фізичні характеристики, а й започаткував основи технології виготовлення варисторів [11, 33-36].

Особливе місце в науковій діяльності І.В. Курчатова займають *дослідження сегнетоелектриків.* Було показано, що властивості сегнетової солі характерні цілому класу речовин, який був значно розширений, і який за пропозицією І.В. Курчатова назвали сегнетоелектриками. А галузь фізики твердого тіла, що вивчає властивості сегнетоелектриків – сегнетоелектрикою. Були вивчені переходи із стану спонтанної поляризації до стану її зникнення, доменна структура сегнетоелектриків. У 1933 р. Курчатов написав першу в світі монографію "Сегнетоелектрики", що була опублікована і перекладена французькою мовою. Протягом багатьох років монографія була настільною книгою вчених та інженерів, які займались цією галуззю фізики. І.В. Курчатов, П.П. Кобеко разом із вченим-електротехніком В.І. Вологдиним започаткували технічне використання сегнетоелектриків у техніці. Вони запропонували використовувати сегнетову сіль як регулятор сили струму, елемента, що забезпечує автоматичне настроювання радіоприймача на прийом сигналів з заданим рівнем потужності. Пристрої, вироблені на основі сегнетової солі, пропонувались для модуляції радіопередавачів [11, 36-44].

У 1932 р. в ЛФТІ за ініціативою А.І. Аліханова (рис. 7), І.В. Курчатова, Д.В. Скобельцина починає діяти семінар з ядерної фізики під керівництвом Д.Д. Іваненко. А у 1933 р. в Ленінграді відбувається І Всесоюзна конференція з атомного ядра. Голова оргкомітету – І.В. Курчатов. На конференцію приїхали фізики і з України – О.І. Лейпунський, А.К. Вальтер, а також всесвітньовідомі фізики Ф. Жоліо-Кюрі, П. Дірак, Ф. Перрен. За результатами конференції з друку вийшла книга "Атомне ядро", до якої увійшли не тільки доповіді та статті, подані до конференції, а й стенограми дискусій, що виникали під час обговорення доповідей і виступів [11, 49].

З початком робіт Ігоря Васильовича з ядерної фізики значно пожвавилася робота в цій галузі. Він разом з Л.І. Русіновим, Л.В. Мисовським та своїм братом Борисом при вивченні штучної радіоактивності під дією нейтронів у 1935 р. відкриває нове явище – існування збуджених станів ядер з відносно великим часом життя, що було названо ізомерією атомних ядер. Відкриття ізомерії привернуло увагу закордонних дослідників Е. Фермі, Л. Мейтнер, К. Вайцзекера та ін.

У цьому році Ігор Васильович пише книгу "Розщеплення атомного ядра", де в доступній формі дає огляд досліджень у даній галузі. Темп роботи дуже швидкий. Тільки за два роки ним із співробітниками було опубліковано 24 оригінальні роботи [5, 223].

Слід зазначити, що всі свої дослідження І. Курчатов починав з вивчення сучасного стану цієї галузі науки у світі. Так починалися і дослідження з ядерної фізики. Він зі своєю групою вчених відновив всесвітньо відомі досліди з природної та штучної радіоактивності, будує "циклотрончик" (як його любляче називали фізики) за схемою прискорювача заряджених часток – циклотрона Лоуренса. Циклотрон ЛФТІ – перший прискорювач заряджених часток в Європі – мав один магніт масою 2 т. Протони в ньому прискорювались до енергії приблизно 530 кеВ. За досвідом роботи А.К. Вальтера і К.Д. Синельникова Курчатов створив "лінійну" прискорювальну трубку – джерело протонів, за допомогою якої відновлена реакція Резерфорда із взаємодії бора з протонами:

$$ {}^{11}_{5}B + {}^{1}_{1}H \rightarrow 3\,{}^{4}_{2}He , $$

де утворюються 3 ядра ${}^{4}_{2}He$. Продукти реакції були ідентифіковані, а розподіл балансу енергії був неясний. Курчатов висунув ідею про γ-випромінювання. Так перед дослідниками постала проблема реєстрації γ-випромінювання, яка було вирішена разом з Г.Я. Щепкіним, В.І. Бернашевським та А.І. Вибе. Вони виявили γ-випромінювання з енергією 2 МеВ, що відповідало теоретичним розрахункам.

Були відновлені: реакція Д. Чедвика, що приводить до народження нейтронів, про можливість існування яких ще за 10 років перед тим говорив Е. Резерфорд:

$$ {}^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{1}_{0}n ; $$

реакція із штучної радіоактивності, що іде за схемою:

$$ {}^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{13}_{7}N + {}^{1}_{0}n , \quad {}^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + e^{+} , $$

тобто супроводжується позитронною активністю ядер азоту.

Для продовження експериментів з ядерних реакцій необхідно було створювати лічильники-реєстратори заряджених часток, бо продуктами реакції найчастіше були елементи з дуже малим періодом напіврозпаду, або штучна радіоактивна реакція проходила за розгалуженою схемою. Так, італійський фізик Е. Фермі, вивчаючи взаємодію нейтронів з фосфором:

$$ {}^{31}_{15}P + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{31}_{14}Si + {}^{1}_{1}H , $$

виявив β-активний кремній ${}^{31}_{14}Si$ з періодом напіврозпаду 3 години:

$$ {}^{31}_{14}Si \rightarrow {}^{31}_{15}P + e^{-} . $$

Групою Курчатова була висунута ідея і здійснена інша реакція під впливом нейтронного бомбардування теж з отриманням β-активного кремнію ${}^{31}_{14}Si$ з періодом напіврозпаду 3 години:

$$ {}^{31}_{15}P + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{28}_{13}Al + {}^{4}_{2}He ; \quad {}^{28}_{13}Al \rightarrow {}^{28}_{14}Si + e^{-} . $$

Менш ніж за півтора року відділом ядерної фізики ЛФТІ було виконано й опубліковано біля 20 робіт зі штучної радіоактивності. *Була відкрита й теоретично обґрунтована ядерна ізомерія* [11, 45-58].

22 грудня 1938 року німецькі ядерники О. Ган, Л. Мейтнер, Ф. Штрассман розповіли всьому світові, що при взаємодії нейтронів з ураном утворюються легкі елементи – барій, лантан, церій, сума зарядів яких дорівнює заряду урану, а атомна маса – ні. Після оцінювання енергії реакції були зроблені висновки про інші продукти реакції – нейтрони, що визивали реакцію розпаду урану. Було зроблено припущення про ланцюгову реакцію.

Про відкриття О. Гана, Л. Мейтнер та Ф. Штрассмана в ЛФТІ довідалися з листа на ім'я А.Ф. Йоффе від Ф. Жоліо-Кюрі. Відразу були зроблені висновки про можливість такої реакції і поставлена задача визначення кількості нейтронів, що виникають, та їх необхідної кількості для підтримки ланцюгової реакції. Цю задачу вирішували в багатьох фізичних лабораторіях світу. Курчатов поставив її перед Л.І. Русиновим та Г.М. Фльоровим, які вже 10 квітня 1939 р. повідомили, що за їхніми даними кількість нейтронів при реакції дорівнює $3 \pm 1 \geq 2$. Ланцюгова реакція може існувати!

Для точних розрахунків ланцюгової реакції ще треба було визначити, який з двох ізотопів урану – 238-й (складає 99,3 % у природній суміші) або 235-й (відповідно 0,7 %) – ділиться повільними нейтронами. Американські фізики, у тому числі А. Нір, домоглися розподілу ізотопів урану на $^{235}_{92}U$ і $^{238}_{92}U$. Було показано, що повільні нейтрони викликають ланцюгову реакцію тільки легкого ізотопу.

Вивченням ланцюгової реакції в ЛФТІ займались Я.Б. Зельдович та Ю.Б. Харітон. У серії теоретичних праць 1939-1941 рр. були встановлені основні закономірності перебігу ланцюгової реакції. Вони дали повне визначення терміну "критична маса" (маса урану, при якій можливе протікання незатухаючої ланцюгової реакції; при цьому витік нейтронів з об'єму урану не може загальмувати ланцюг, як це відбувається при докритичних розмірах ("уповільнювач нейтронів" тощо) [11, 45-58].

На V конференції фізики ядра (Москва, 20-26 листопада, 1940 р.) І.В. Курчатов всебічно проаналізував шляхи утворення ланцюгової реакції. Він зазначив, що найбільш надійний шлях полягає в збагаченні природної уранової суміші легким ізотопом $^{235}_{92}U$, що слід швидко розв'язати важливу проблему поділу ізотопів урану і підібрати уповільнювачі для нейтронів. Він підкреслив наявність принципової основи для розв'язання ядерної проблеми щодо використання в майбутньому ядерної енергії і накреслив чіткий план її реалізації. Реалізацією своєї програми І.В. Курчатов зайнявся лише у 1943 році, коли почала працювати спеціальна лабораторія АН СРСР з використання атомної енергії [8, 181-182].

У той самий час інші учні І.В. Курчатова К.А. Петржак та Г.М. Фльоров відкрили явище спонтанного поділу урану.

Для здійснення наукових планів фізикам-ядерникам був необхідний потужний циклотрон. 22 вересня 1939 р. відбулась урочиста церемонія закладки будівлі циклотрону. А у ранковому номері газети "Правда" від 22

червня 1941 р. була надрукована кореспонденція Л.М. Неменова про закінчення будівництва циклотрону. Його пуск був призначений на 1 січні 1942 р., але почалась війна з Німеччиною, яка змінила не тільки плани науковців, а й все мирне життя країни [11, 58-69].

Ігор Васильович був у відпустці, коли почалась війна. Він одразу повернувся в інститут. На прохання відправити в діючу армію, Курчатов отримав негативну відповідь. Тоді він приймає рішення призупинити дослідження атомного ядра і включитися до робот, які більш за все необхідні фронту, армії, флоту. І. Курчатов знав, що в лабораторії з дослідження полімерів його друга А.П. Александрова ще у 1936 р. почались роботи з протимінного захисту кораблів [7, 42]. Після відправлення родини в евакуацію він не просив, а вимагав від Александрова ввести його до своєї групи [1, 105].

З дитячих спогадів ми знаємо, як лиходій Негоро – персонаж "П'ятнадцятирічного капітана" Жуля Верна змусив корабель різко змінити курс: він сховав біля компаса залізний предмет (сокиру), що викликала відхилення (девіацію) магнітної стрілки. Те, що знав Жуль Верн, знали, вже з досить давніх часів і вчені, і моряки. Ще в XVII ст. на судах було безліч залізних предметів, що спотворювали покази компаса. Систематичне вивчення цього ефекту почалося в XIX ст., насамперед на кораблях англійського й російського флотів, і пов'язане з іменами капітана Фліндерса й адмірала Г.О. Саричева. З цього часу бере початок напружена боротьба з девіацією компаса, яка не припинялась і привела до ряду успіхів. Наприкінці позаминулого століття до боротьби з девіацією приєднався А.М. Крилов. У результаті досліджень магнітного поля корабля й відповідних рекомендацій військово-морські інженери навчилися "рятувати" компаси від магнітних перешкод, що властиві кораблю.

Далі відбулася класична інверсія, характерна для витонченої винахідницької думки. Шкідливий ефект власного магнітного поля корабля змусили служити "на користь" справі. Ця користь зводилася до того, щоб успішно вирішити завдання знищення корабля. Ідея була дуже проста. На мілководді, звичайно на виході з портів в устя рік, установлювалися особливі міни, що одержали назву магнітних. Сигналом для включення вибухового пристрою була зміна магнітного поля Землі, яка викликалася проходженням над міною магнітного тіла – корабля.

Перші магнітні безконтактні міни, що спрацьовують без "прямого" контакту з об'єктом, були застосовані проти радянських кораблів на Північній Двіні у 1919 р. Антантою (англійськими інженерами). Були установлені мінні загородження на дні ріки, що не піддавалися звичайному траленню (виловлюванню спеціальними сітками).

З того часу почалася робота з такого роду мінами – спочатку за рахунок розробки спеціальних методів їхнього тралення. Наступним етапом у протимінному захисті стали пошуки можливостей і шляхів розмагнічування

корпусів кораблів, створення за допомогою певних методів такого магнітного поля, що компенсувало б власне магнітне поле корабля. Дослідження розвивалися в 20-х і першій половині 30-х років, але докорінний перелом у їхньому ході наступив після того, як до них в 1936 р. підключився невеликий колектив ЛФТІ під керівництвом А.П. Александрова. Вчені запропонували й обґрунтували просту й разом з тим досить надійну методику вимірів магнітного поля, що створював корабель, його розподілу під водою, а також систему протимінного захисту. Для цього корпус корабля оперізувався спеціально розташованими на ньому кабелями, що живляться від суднової електроустановки постійного струму. Магнітне поле, що породжується постійним струмом, який проходить по кабелю, компенсує власне поле корабля.

Однак шлях від ідеї до її реального втілення дуже нелегкий. До того ж і фахівці висловлювали певний скепсис в оцінці перспектив запропонованого методу, який був випробуваний спочатку лише на невеликих моделях. До числа скептиків відносився А.М. Крилов. Кому, як не йому, було знати, як важко компенсувати власне магнітне поле корабля навіть у такому обмеженому просторі, що займає компас. А в роботі фізтехівців мова йшла про області простору, порівнянних з лінійними розмірами самого корабля.

Перші розрахунки А.П. Александрова і його групи (Б.О. Баєв, П.Г. Степанов, А.Р. Регель, К.К. Щербо) і досліди, проведені на невеликих суднах (катерах, тральщиках) показали, що завдання компенсації магнітного поля може бути вирішене вмілим підбором “геометрії” обмоток і сил струмів, що протікають по них. До робіт ЛФТІ приєднався ряд інститутів, випробування проводилися не тільки на Півночі (Балтійське море, Ладозьке й Онезьке озера), але й на Дніпрі, і на Чорному морі. Скептицизм змінився спочатку стриманим, а потім упевненим оптимізмом. Від невеликих судів перейшли до розмагнічування великих кораблів. Випадковий збіг: на другу половину червня 1941 р. були призначені роботи з розмагнічування лінкора Балтійського флоту “Марат”. Приймання випробувань спочатку передбачалося провести 19 червня в Таллінні. Однак, при переході в Таллінн були помічені неопізнані підводні човни, і “Марат” повернувся до Кронштадту. 21 червня комісія, до якої ввійшли А.П. Александров і представники ВМФ, зібралася на борті лінкора. Випробування системи розмагнічування були призначені на ранок 22 червня...

І.В. Курчатов, як завжди швидко, увійшов у курс проблеми, оцінив “гарячі точки”, які потрібно було вирішувати в першу чергу. 9 серпня 1941 р. разом з А.П. Александровим він прилетів до Севастополя, де вже перебувала велика група фізиків, і відразу ж з головою занурився в роботу. На той час одним з основних завдань було забезпечення розмагнічування підводних човнів. Система обмотки корпусу кабелем в цьому випадку не була дуже ефективною у зв’язку зі специфікою човнів, а також з обмеженістю потужності електроустановок. У цьому випадку був використаний безобмотувальний метод розмагнічування, одночасно запропонований на Балтиці

(В.М. Тучкевич, М.В. Шадєєв, О.В. Курленков, М.Г. Фролов) і Чорному морі (І.В. Климов). Розмагнічування досягли багаторазовим пропущенням імпульсів великої сили струму через кабель, що обрамляв корпус корабля. Таким методом вдавалося знизити в десятки разів первісне магнітне поле. Розмагнічування при цьому проводилося на спеціальних станціях у максимально стандартизованих умовах. На першій такій станції в Севастополі з кінця серпня до кінця жовтня було розмагнічено понад 50 кораблів. Саме там І.В. Курчатов, Ю.С. Лазуркін і О.С. Шевченко дослідили вплив на магнітне поле підводного човна його торпед, а також вивчили роль інших факторів, що знижують стабільність результуючого магнітного поля (механічних ударів від снарядів, що розірвалися поблизу тощо). Ця станція стала експериментальною базою для проведення науково-дослідних робіт чорноморської групи в галузі безобмотувального розмагнічування кораблів і надалі відіграла велику роль в удосконалюванні цього методу.

І.В. Курчатов мав щасливий талант легко вступати в ділові й дружні контакти. Він швидко налагодив хороші відносини з мінерами. А.Р. Регель згадував, як Ігор Васильович буквально рвався сам розкривати добуту ними німецьку магнітну міну нової конструкції і дуже засмутився, що його допустили до відповідної експертизи тільки після того, як міна була знешкоджена. Недарма в грудні 1941 р. саме йому доручили зробити висновок про розроблені моряками Чорноморського флоту протитанкові магнітні міни.

У жовтні 1941 р. І.В. Курчатов і його група розробили “Правила й норми розмагнічування кораблів”. Крім того, Ігор Васильович трохи раніше, із середини вересня, почав читати військовим морякам курс лекцій з теорії й практики розмагнічування. Тут слід зазначити, що, хоча по флоту й був відданий наказ про необхідність перед виходом кораблів у море проходити розмагнічування за системою ЛФТІ, у командирів кораблів не одразу виникла віра в цю систему. Саме для завоювання такої довіри Ігор Васильович і розвиває відповідну лекційну пропаганду, почавши з доповіді в штабі Чорноморського флоту.

Було багато й побічних завдань. Наприклад, розмагнічувальні пристрої (стаціонарні) впливали на покази компасів – це теж необхідно було врахувати. Треба було будувати нові бази (станції) розмагнічування, зокрема у Феодосії. Інша станція обслуговувала кораблі, що базувалися на Азовському морі (Єйськ і Темрюк) [11, 95-98].

4 листопада І. Курчатов, Ю. Лазуркін і А. Регель (рис. 9) на плавбазі “Волга” відплили із Севастополя до Поті, узявши із собою деяку частину обладнання (кабелі) і приладів для розмагнічування. Біля трьох тижнів І. Курчатов і його співробітники провели в Поті й Туапсе, налагоджуючи службу розмагнічування на спеціальних станціях, займаючись підготовкою людей, які мали їх обслуговувати. У більш спокійній обстановці в Баку писалися звіти про виконану роботу, нові інструкції. 30 грудня І. Курчатов був викликаний А.Ф. Йоффе до Казані, до ЛФТІ. Він поїхав туди через Баку,

новий 1942 рік зустрів у дорозі й тільки 2 січня прибув до столиці Азербайджану, де вже з 24 грудня перебували Ю. Лазуркін і А. Регель. У Баку І.В. Курчатов пробув тиждень, брав участь у розмагнічуванні кораблів Каспійської флотилії на станції безобмотувального розмагнічування, обладнаної незадовго перед цим. Він знайшов вільний час, щоб погуляти містом, побував біля Політехнічного інституту й університету, де колись працював. І, напевно, водив своїх друзів з ЛФТІ до Оперного театру. Він заробив право так зробити: за плечима величезна робота в Севастополі, на Чорноморському узбережжі Кавказу, в Баку. А саме головне – радіо приносило нові звістки з фронту. Битва під Москвою була виграна, група німецьких армій "Центр" розгромлена [11, 99]. Закінчилась "протимінна вахта" Ігоря Васильовича Курчатова на Чорноморському флоті.

В 1942 р. ініціатори нового методу захисту кораблів від мін А.П. Александров, Б.О. Гаєв, бойові севастопольці І.В. Курчатов, П.Г. Степанов, учасники робіт на інших флотах А.Р. Регель, В.М. Тучкевич, морські офіцери Б.Є. Годзевич та І.В. Клімов були відзначені Державною премією першого ступеня [1, 120].

У Казані І.В. Курчатова чекали не тільки співробітники. Його чекала дружина – Марина Дмитрівна. Вона працювала на фабриці з виготовлення ватників. З начосів вовни й вати вона робила іграшки. Її ватні зайці обов'язково посміхалися – так більше подобалось дітям. Часто роботу вона брала додому. А коли несла здавати роботу, з її сумки виглядали довгі вуха. Дітвора одразу оточувала Марину Дмитрівну, і не один заєць вистрибнув з її сумки.

Наступного дня після приїзду до Казані Ігор Васильович тяжко захворів. Він хворів чотири місяці. Ігоря Васильовича було врятовано завдяки самовідданій турботі Марини Дмитрівні, друзів, А.Ф. Йоффе. Під час хвороби в нього виросла борода (рис. 10), яку він вирішив не голити. Після чого і друзі, і співробітники, і члени уряду стали люблячи називати його "Борода" [1, 121].

У квітні 1942 р. Курчатов знову починає працювати. В евакуйованому ЛФТІ під його керівництвом була завершена робота з раціонального розміщення танкових паливних баків. Другим напрямком роботи його лабораторії було створення конструкційної броні. До цього часу стійкість броні проти куль та снарядів поліпшували за рахунок збільшення товщини та вдосконалення фізико-механічних властивостей. Вчені-фізтехівці пішли іншим шляхом. Вони запропонували змінити конструкцію бронезахисту. При "обстрілі" конструктивної броні кулями вона показала переваги в порівнянні із звичайною бронею, але важила на одну третину менше, і мала таку ж стійкість проти куль, як і звичайна.

"Обстрілювали" снарядами башту танка і корпус, які були екрановані сталевими ґратами. Осколки бронебійних снарядів залишали на них лише легкі сліди, а підкаліберні снаряди з вольфрамовими сердечниками – неве-

ликі ум'ятини. Броню штампованих башт ті ж снаряди пробивали.

Рис. 10. І.В. Курчатов "Борода" (1943)

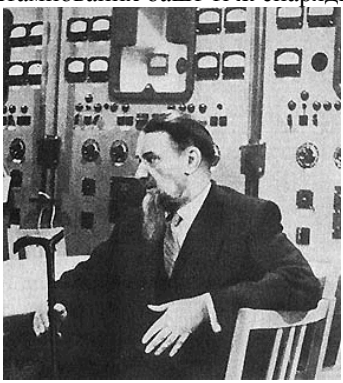


Рис. 11. І.В. Курчатов біля експериментальної установки "Огра" (1960)

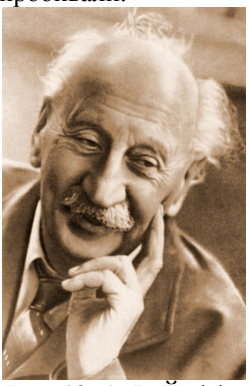


Рис. 12. А.Ф. Йоффе (1960)

І.В. Курчатов запрошував й втягував фізтехівців у коло проблем, які хвилювали воїнів-сухопутників і близьких йому по роботі в Севастополі моряків. Він займався захисними спорудженнями для поля бою, посиленням захисту малих кораблів – торпедних катерів, сторожовиків.

Воїнам кожного з основних родів військ, що боролися на фронтах, було за що подякувати колективу лабораторії динаміки матеріалів, яким керував І.В. Курчатов. Все це було зроблено менше ніж за рік. Сам Ігор Васильович вважав, що зроблено мало. Він так писав одному з друзів у червні 1942 року: "Хворів на запалення легенів, грипом, негаразд було із серцем і повністю оправився лише у квітні. Зараз багато працюю, але результати ще слабкі, тому що знову зайнявся новою галуззю. Попутно з роботою у Александрова, завідую зараз лабораторією Куприєнко... Він узимку вмер від висипного тифу, і потрібно було замінити померлого товариша" [1, 123].

За вагомий внесок та самовіддану працю в роки боротьби проти німецько-фашистських загарбників Ігор Васильович Курчатов був нагороджений медаллю "За доблесну працю у Великій Вітчизняній війні".

За всі роки проведення і організації новітніх наукових досліджень, викладацької роботи, керівництва молодими вченими Ігор Васильович завжди вміло створював у колективі атмосферу напруженої, творчої і веселої праці – "курчатівського темпу роботи", проявляв свої величезні організаторські здібності. Його вчитель і друг академік А.Ф. Йоффе, побачивши в молодому І. Курчатові невичерпні джерела творчої енергії, вміння створювати морально-психологічне оточення, яке сприяло ефективному накопичуванню знань й розвитку наукового таланту кожного робітника [11, 74], завжди довіряв учню найскладніші ділянки нових наукових досліджень. Коли при будівництві циклотрону в Радієвому інституті почались ускладнення з його

налагодженням, керувати доведенням пристрою було доручено І.В. Курчатову. І коли постало питання керівництва державними дослідженнями з оволодіння ядерною енергією, академіки А.Ф. Йоффе, В.І. Вернадський, В.Г. Хлопін, П.Л. Капіца без коливань порадили уряду призначити на цю посаду Ігоря Васильовича Курчатова – молодого, грамотного, цілеспрямованого, комунікабельного вченого і масштабного організатора. Отже, з кінця березня 1942 р. І.В. Курчатов очолив дослідження з оволодіння атомною енергії в країні [7, 111].

Теоретики та експериментатори взаємно навчались основам майбутньої ядерної техніки. Колективно обговорювались основні проблеми поставленої практичної задачі. Всі вчені, особливо І.В. Курчатов, відчували величезну відповідальність і занепокоєння за дослідження. Їх хвилювало, що Німеччина з прискоренням займається проблемою урану. Не було впевненості, що німці не почали роботи з використання атомної енергії. Були прийняті до уваги статті, де оцінювались можливості дії ланцюгової реакції, якщо її здійснити.

У казанській лабораторії експерименти здійснювались у дуже маленькому масштабі – не було місця. Але теоретичні й розрахунково-оціночні роботи велись надзвичайно інтенсивно. І.В. Курчатов поставив перед теоретиками завдання розвитку теорії ланцюгових ядерних реакцій. Теоретики розв’язали задачу. А І.В. Курчатов безпосередньо зайнявся будівництвом першого атомного реактора, керував проектними, конструкторськими і науковими розробками. Залучив до вирішення проблеми величезну кількість наукових інститутів та вчених різноманітних спеціальностей з Москви, Ленінграда, Харкова. Він розумів, що попереду великі хімічні дослідження з виділення плутонію – трансуранового елементу під номером 94 таблиці Менделєєва, що теж може бути використаний як ядерне паливо [6, 88]. 14 квітня 1949 р. була отримана перша порція плутонію масою 8,7 грама і чистотою 97 % [4, 95].

Крім того, для здійснення ланцюгової реакції урану слід було розпочати пошуки родовищ уранових руд, розробити придатну для великих масштабів технологію вилучення урану, здійснити розробку металургії урану і методи його очищення; розв’язати питання про вибір уповільнювача швидких нейтронів: або досить значних запасів важкої води або розробити нову технологією виробництва надчистого графіту; розробити методи, які б дали змогу виявити навіть у мізерних кількостях домішки, що поглинають нейтрони, а також розробити технологію виготовлення і контролю трубок для регулювання й охолодження урану в реакторі [8, 182].

Центром розв’язання уранової проблеми стали створені в Москві під керівництвом І.В. Курчатова “Монтажні майстерні” – умовна назва уранграфітової реакторної установки, яка ввійшла в славетну історію розвитку атомної техніки. Саме в цьому науковому закладі, який згодом переріс в Інститут атомної енергії імені академіка І.В. Курчатова, 25 грудня 1946 р.

І.В. Курчатовим і його співробітниками І.С. Панасюком, В.Г. Дубовським, Є.М. Бабулевичем і О.К. Кондратьєвим був пущений експериментальний уран-графітовий реактор. (Перший уран-графітовий котел – ядерний реактор – був спроектований і сконструйований італійським фізиком Е. Фермі і запущений ним та його співробітниками з Чикагського (США) університету 2 грудня 1942 р.). У 1948 р. відбувся запуск радянського промислового уран-графітового реактора. Запуск цих реакторів і здобуття на першому з них мікрограмових кількостей плутонію, а на другому – промислових кількостей підбили підсумок титанічної роботи вчених у цьому напрямі [8, 183].

Під керівництвом І.В. Курчатова 23 серпня 1949 р. була випробувана атомна бомба, яка покінчила з монополією США на атомне озброєння, а 12 серпня 1953 р. було здійснено випробування термоядерної (водневої) бомби [5, 225]. Здійснення колективом учених під керівництвом І.В. Курчатова першого в світі термоядерного синтезу набагато випередило аналогічні дослідження в США і дало можливість ученим більше уваги приділити основному – мирному використанню енергії атомного ядра.

Тільки після успішного випробування водневої бомби І.В. Курчатов зайнявся виконанням своєї мрії – *проблемами мирного використання атомної енергії* [9, 60]. Радянська атомна наука перша знайшла шляхи мирного використання енергії ядра. 27 червня 1954 р. увійшло в історію як день, що поклав початок промисловому використанню атомної енергії. В цей день перша в світі атомна електростанція потужністю 5000 кВт, провідна роль у створенні якої належить І.В. Курчатову, Д.І. Блохінцеву, А.К. Красіну, В.О. Малих, М.А. Доллежалю та іншим, була запущена у Фізико-енергетичному інституті в Обнінську і почала виробляти електроенергію на новій енергетичній основі – поділі ядер атомів урану. Відтоді почалося планомірне створення атомних електростанцій. Атомна енергетика використовується на флоті. Зокрема, 1959 р. під науковим керівництвом А.П. Александрова було завершено будівництво атомного криголама «Ленін» [8, 183]. Збулися сміливі мрії вчених і мореплавців про скорення Арктики (в 1974 р. став до ладу атомохід «Арктика», 1976 р. – «Сибір») [5, 226].

На початку 50-х років у світі виникла проблема керованого термоядерного синтезу (КТС). У цей самий час Курчатов підтримав дослідження з КТС. Некерований термоядерний синтез був відтворений у результаті вибуху водневої бомби.

Відомо, що виникнення термоядерної реакції вимагає високих температур. Це неминуче пов’язане з переходом речовини до особливого стану – плазми – суміш електронів і нейтралізуючих їхній заряд позитивних ядер. Саме в подібному плазмовому стані перебуває зоряна (отже й сонячна) речовина, яка утримується в одному цілому гігантськими гравітаційними силами. У земних умовах такі сили взаємодії між частками мізерно малі й не можуть перешкодити розльоту розрідженого плазмового газу.

Таким чином, уже спочатку досліджень проблема термоядерного син-

тезу (ТС) натрапила на непереборні труднощі. Зокрема, термоядерна реакція

$$ {}_1^3H + {}_1^2H \rightarrow {}_2^4He + {}_0^1n + 17{,}6\,МеВ $$

створила проблему високотемпературної дейтерієво-тритієвої плазми.

З одного боку, потрібно нагріти речовину до дуже високої температури, при якій іде термоядерна реакція, з іншого – необхідно забезпечити його термоізоляцію від стінок камери, де вона перебуває. Саме проблема термоізоляції плазми була й залишається центральною на шляху до здійснення КТС.

У 1950 р. А.Д. Сахаров та І.Є. Тамм запропонували ізолювати гарячу плазму від холодних стінок контейнера, у якому вона перебуває, за допомогою магнітного поля. Заряджені частки в однорідному магнітному полі рухаються по колу, радіус якого обернено пропорційний індукції магнітного поля й прямо пропорційний перпендикулярній до цього поля складовій швидкості частки. Його радіус, а також частота обертання часток по колу описуються такими ж співвідношеннями, які визначають рух заряджених часток у циклотроні. З наявністю паралельної полю складової швидкості зв'язаний рух часток уздовж поля. Їхні траєкторії мають вигляд гвинтових ліній; лінії індукції магнітного поля немов би ведуть заряджені частки, не дозволяючи їм зміщатися в сторони. Таким чином, термоізоляція плазми забезпечується магнітним полем.

У реальних умовах намальована картина втримання плазми магнітним полем порушується за цілою низкою причин, зокрема за рахунок того, що заряджені частки плазми зіштовхуються одна з одною. У результаті кожного такого зіткнення частка зміщується поперек поля на відстань порядку свого радіуса обертання. У які ж конкретні форми реалізується ідея про магнітну термоізоляцію плазми? Якщо контейнер являє собою циліндричну трубу, усередині якої створене сильне магнітне поле, то заряджені частки, що їх ведуть магнітні лінії, вийдуть із контейнера через торці або натраплять на торцеві стінки. Цього, напевно, не відбудеться, якщо магнітні лінії будуть замикатися на себе в межах термоядерної "топки". Вихід полягає в тому, щоб, зігнувши циліндричний контейнер, замкнути його на себе – утворити тор, гарним прикладом якого може служити бублик (але бублик порожній) або надута повітрям камера автомобільного колеса.

На перших етапах роботи І.В. Курчатов основну увагу приділяв відносно простим системам – прямим потужним електричним розрядам, у яких утримуюче магнітне поле створювалося самим струмом, що тече у плазмі. Тому нові зусилля були спрямовані на створення систем, у яких утримуюче магнітне поле створювалося б зовнішніми обмотками. До числа таких систем відносяться, в першу чергу, згадані пастки з магнітними дзеркалами. Перша велика установка такого типу була побудована в 1958 р. І.М. Головіним і його співробітниками. Розміри вакуумної камери (контейнера) "Огри": труба мала діаметр 1,4 м і довжину 19 м. І.В. Курчатов активно підтримував цю роботу й жваво цікавився її прогресом [11, 115-119].

За його ініціативою і за безпосередньої участі створено унікальну апаратуру для досліджень фізики плазми, зокрема «Огра-І», «Огра-ІІ, «ПР-5» і особливо серії досконалих установок «Токамак» і «Ураган». Про надзвичайну важливість розв'язання проблеми керування термоядерним синтезом газета «Правда» від 10 травня 1956 р. писала: «Розв'язання цього завдання назавжди зняло б з людства турботу про запаси енергії, необхідні для існування на Землі». Цій проблемі І.В. Курчатов присвятив свої сили й енергію в останні роки життя [7, 114].

Будувалися установки в Ленінграді й Харкові. І.В. Курчатов залучає до досліджень багатьох фізиків, експериментаторів і теоретиків, багато займається нею сам.

Роботи з КТС на початковому їх етапі проводилися в умовах засекреченості. Початок взаємного обміну інформацією з КТС було покладено доповіддю І.В. Курчатова в Харуеллі (Англія) у травні 1956 року.

І з цього часу Ігор Васильович стає активним борцем за заборону випробувань атомної і термоядерної зброї, за мирне використання ядерної енергії. Він підтримав звернення відомих фізиків А. Ейнштейна, Б. Рассела, М. Борна, Ф. Жоліо-Кюрі, Л. Інфельда, Л. Полінга, С.Ф. Пауела, Х. Юкави до урядів великих держав (липень, 1955). У зверненні вчені застерігали людство від спроби самознищення в атомній війні [2, 107]. За цієї ініціативи виник Пагуошський рух – міжнародні зустрічі вчених, які виступали за збереження миру, за створення атмосфери дружби і співробітництва між народами, проти гонки ядерного озброєння. Провідні радянські вчені О.П. Виноградов, Д.В. Скобельцин та інші на чолі з І.В. Курчатовим стали активними членами Пагуошського руху [3, 233]. Виступи І.В. Курчатова на захист миру, його вагомий внесок у розвиток досліджень мирного атома, заслуги в налагодженні взаєморозуміння і співробітництва вчених різних країн були відзначені у 1959 році присудженням йому Всесвітньою Радою Миру медалі "Борцеві за мир. 1949-1959 рр." [5, 227].

До середини 60-х років в оцінці перспектив КТС існував, за висловом Л.А. Арцимовича, "обережний оптимізм". До початку 70-х років він змінився упевненим оптимізмом, який не залишає сумнівів у тому, що проблема буде вирішена. Токамаки стали провідним напрямком в усьому світі. Параметри плазми, досягнуті в них у останні роки, наблизилися до значень, необхідних для здійснення реакції КТС. Можна сподіватися, що в найближчі кілька років ці умови будуть отримані. Однак для побудови електростанцій, що працюють на енергії реакцій КТС, потрібно буде вирішити ще багато важких технічних завдань.

Однак, коли б це не відбулося, ми завжди будемо пам'ятати про ту величезну творчу енергію, що її Ігор Васильович Курчатов вклав своєю працею й талантом у досягнення цієї заповітної мети [11, 119-121].

Ігор Васильович Курчатов пішов з життя 7 лютого 1960 року. Друзі, співробітники, близькі дуже тяжко переживали втрату улюбленого всіма

“Бороди” [10, 141].

Похований на Красній площі в Кремлівській стіні.

Його вчитель академік А.Ф. Йоффе (рис. 12) написав: “...він був безмежно відданий науці й жив нею... Це був неповторний учений, талановитий дослідник природи. Залізний у своїх вимогах до себе і до своєї праці, Ігор Васильович був вірним другом, зворушливо піклувався про товаришів і співробітників. Його незмінна доброта і дружній гумор багатьом полегшили життя. Для всіх, хто його знав, пам’ять про нього оточена ореолом особистої чарівності” [11, 141].

Курчатов виховав велику школу фізиків-атомників (Г.М.Фльоров, Г.І. Будкер, І.І. Гуревич, В.П. Джелепов, М.Г. Мещеряков, П.Є. Спивак, Л.М. Неменов, Л.І. Русінов, Є.М. Бабклевич, І.М. Головін, В.В. Гончаров, І.С. Панасюк, К.А. Петржак, С.М. Фейнберг та ін.) [10, 149]. З 29 вересня 1943 року – дійсний член Академії наук СРСР. Автор численних наукових праць. За наукові дослідження І.В. Курчатову присуджено Ленінську премію – лауреат № 1 – (1957). Він чотири рази (1942, 1949, 1951, 1954) удостоєний Державної премії [7, 114]. Тричі удостоєний звання Героя Соціалістичної Праці (1949, 1951, 1954), нагороджений п’ятьма орденами Леніна, Золотою медаллю Ф. Жоліо-Кюрі (1959) іншими орденами й медалями. Іменем І.В. Курчатова названо 104-й елемент таблиці Менделєєва. Заснована золота медаль АН СРСР (тепер АН Росії) імені І.В. Курчатова за визначні дослідження в галузі ядерної фізики.

Життєвий і творчий шлях вченого є прикладом відданості науці і Вітчизні, він не оставить байдужим ні одного учня.

Практика переконує, що учні та студенти досить активно цікавляться питаннями, пов’язаними з історією розвитку фізики і техніки, біографіями, діяльністю вчених-дослідників та винахідників, питаннями етики і моралі, які вони вирішували протягом свого життя, їх особистісними рисами, історією наукових ідей у становленні фізики та їх застосування в техніці. Учні, ознайомлюючись з історією фізики, намагаються зрозуміти і висловити своє ставлення до соціальних і наукових феноменів, до ролі людського фактору у пізнанні таємниць довкілля.

Посилання на факти творчої біографії академіка І.В. Курчатова будуть доречними при вивченні в курсі фізики:

– властивостей металів і твердих тіл (конструкційні матеріали та їх зміцнення),
– діелектриків (сегнетоелектрики),
– магнітного поля (розмагнічування кораблів),
– хвиль і природи приливів (сейші),
– природної та штучної радіоактивності,
– атомної і ядерної фізики (мирне використання енергії атома і термоядерного синтезу) тощо.

Для майбутніх учителів природничих дисциплін буде корисним озна-

йомитись з викладацькою діяльністю Ігоря Васильовича Курчатова, у тому числі в Ленінградському педагогічному інституті, його методикою читання лекцій, проведення практичних і лабораторних занять, підходами до навчання студентів творчим видам діяльності та їх залучення до дослідницької праці.

Вивчення історії науки у соціокультурному аспекті дозволяє учням вчитися визначати своє особистісне відношення до наукових знань, аналізувати, систематизувати, узагальнювати їх на рівні особистісного ставлення на основі власної активної життєвої позиції. Саме таким чином формується і світогляд особистості.

Література:

1. Асташенков П.Т. Курчатов / Жизнь замечательных людей: Серия биографий. – М.: Молодая гвардия, 1967. – 200 с.
2. Гернек Ф. Альберт Эйнштейн. Пер. с нем. 2-е изд. – М.: Мир, 1984. – 128 с.
3. Гернек Ф. Альберт Эйнштейн: Жизнь во имя истины, гуманизма и мира. Пер. с нем. 2-е изд. – М.: Прогресс, 1966. – 245 с.
4. Губарев В. Белый архипелаг: новые неизвестные страницы «Атомного проекта СССР» // Наука и жизнь. – 2003. – № 1. – С. 90-98.
5. Дягилев Ф.М. Из истории физики и жизни ее творцов: Кн. для учащихся. – М.: Просвещение, 1986. – 255 с.
6. Кикоин И.К. Он прожил счастливую жизнь (к 80-летию со дня рождения И.В. Курчатова) / Рассказы о физике и физиках. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1986. – 160 с. – С. 85-89.
7. Кордун Г.Г. Біографічний довідник видатних фізиків – К.: Рад. школа, 1985. – 280 с.
8. Кордун Г.Г. Історія фізики: Навч. посібник. – 3-тє вид., перероб. і допов. – К.: Вища шк., 1993. – 280 с.
9. Ларин И.И. Институт атомной энергии и его отцы-основатели // Наука и жизнь. – 2003. – № 4. – С. 55-63.
10. Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник. – 2-е изд., испр. и дополн. – М.: Наука, Гл. редакция физ.-мат. лит-ры, 1983. – 400 с.
11. Чернощекова Т.М., Френкель В.Я. И.В. Курчатов: Кн. для внеклас. чтения уч-ся 8-10 кл. сред. шк. – М.: Просвещение, 1989. – 144 с.

ІСТОРИКО-ФІЗИЧНИЙ КОНТЕКСТ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «СПЕЦІАЛЬНА ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТІ» ПРИ ПІДГОТОВЦІ ВИКЛАДАЧІВ ФІЗИКИ

В.С. Савчук, О.А. Щербак
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет
elena.scherbak@mail.ru

Методика викладення спеціальної теорії відносності частіше за все заснована на дедуктивному підході до теми. Подання постулатів та математичний аналіз наслідків, що з них випливають, є основою цього методу. Одним зі способів подання матеріалу є викладання, в основу якого покладено історичну наступність розвитку логіки теми.

Наприкінці XIX сторіччя однією зі складних проблем фізики була проблема визначення відносної швидкості Землі та ефіру. У процесі її рішення була відкинута теорія ефіру, але розв'язок цієї проблеми став однією зі складових, яка змінила парадигму сучасного наукового світу. Перетворення Лоренца, які при цьому були використані, дозволили по-іншому подивитися на фундаментальні поняття часу та простору.

Рівняння Максвела, що описують електромагнітне поле, не інваріантні відносно перетворень Галілея. У класичній механіці просте перетворення переводить одну систему відліку в іншу, але при такому перетворенні рівняння Максвела не зберігають свій вид. Але ще В. Фогт у 1887 році показав, що рівняння типу $\Upsilon\varphi=0$ зберігає свою форму при переході до нових просторово-часових змінних при перетвореннях типу $x'=x-vt$, $y'=y/\gamma$, $z'=z/\gamma$, $t'=t-vx/c^2$. З точністю до масштабного множника це були майбутні перетворення Лоренца. Згадана робота була маловідомою науковій громадськості. Так, вже Фіцджеральд і Лоренц розуміли, що для пояснення досліду Майкельсона-Морлі необхідно введення нового постулату – скорочення розмірів тіл, що рухаються. У 1900 р., через десять років після того, як Герц і Хевісайд надали рівнянням Максвела красивої математичної форми, Лармор знайшов перетворення, при якому рівняння залишаються інваріантними. Лоренц незалежно від Лармора запропонував такий спосіб перетворень однієї системи відліку в іншу, при яких рівняння Максвела зберігають свій вигляд.

Треба звернути увагу на те, що у методичній літературі та підручниках прийнято говорити про «негативний результат досліду Майкельсона, який з точки зору сучасної фізики може розглядатися як безперечне спростування гіпотези нерухомого світового «світлоносного» ефіру….» [1, 109]. З точки зору логіки розвитку фізики, більш коректно було б вказати учням, що дослід Майкельсона був проінтерпретований у рамках СТВ, а не носив негативного результату. Наприклад, Фіцджеральд і Лоренц (як вже було зазначено) пояснили у рамках ефірної моделі, чому не спостерігається зсув ін-

терференційних смуг, скороченням розмірів тіл, що рухаються за напрямом руху. Так, В.Л. Гінзбург в статті «Як та хто створив СТВ?» вказав, що «дослід Майкельсона показує, що швидкість світла на замкненому шляху, що виміряна на Землі, однакова по всіх напрямах, тобто ізотропна. Так як Земля рухається навколо Сонця, по замкненій кривій, то її можна вважати інерціальною системою лише на протязі невеликого проміжку часу, фактично ми проводимо вимірювання в багатьох інерціальних системах відліку. Це означає, що з досліду випливає, що швидкість світла на замкненій кривій ізотропна в будь якій інерціальні системі відліку» [цит. за 2]. І хоча ефірно-польова теорія Лоренца математично збігалася із спеціальною теорією відносності А. Ейнштейна, але, на відміну від Г. Лоренца, саме А. Ейнштейн "наважився" надати перетворенням Лоренца фізичний сенс, створивши спеціальну теорію відносності. Як зазначено у статті «Як та хто створив СТВ?», «Шлях створення СТВ, використаний Ейнштейном, почався з відмови від існування «світлоносного середовища», і на цьому шляху дослід Майкельсона не був «вирішальним» дослідом» [3, 338].

Спеціальна теорія відносності не одразу отримала визнання. Відомо, що коли наприкінці 1922 року Нобелівська премія була вручена А. Ейнштейну, теорія відносності не була загальновизнана. Секретар Шведської Академії наук, писав Ейнштейну, що премія була присуджена лише за відкриття закону фотоефекта, „але не враховуючи цінність, яка буде визнана за Вашими теоріями відносності та гравітації, після того, як вони у майбутньому будуть підтвердженні" [цит. за 2]. Дискусії, що виникали у науковому світі з приводу визнання чи не основних постулатів, відбувалися і в Україні. *Але багато праць в силу історичних обставин були забуті, у тому числі і тих, хто працював в Україні. Тому дані досліджень в області СТВ та ЗТВ вчених, що працювали в Україні, доцільно ввести у курс історії фізики.* Одним з вчених, хто пропагував ідеї СТВ та ОТО, був Л.Й. Кордиш. Так, наприклад, при викладенні матеріалу, можна показати, що сталість швидкості світла випливає з першого постулату СТВ. Доведення можна провести за схемою, запропонованою Л. Кордишем. Стаття вченого починається з формулювання „одного основного положення – принципу відносності", що автор подає в такий спосіб: „формулювання того закону, за яким відбувається яке-небудь явище, не залежить від того, щодо якої системи координат оцінювати явище; узяті системи координат можуть знаходитися у відносному спокої, чи у відносному рівномірному поступальному руху". До цього додають ще один постулат – сталість швидкості світла. На думку Л.Й. Кордиша, цей постулат виявляється зайвим, тому що він „виходить як необхідний наслідок першого". Логіка висновків зводиться до наступного: якщо виходити з першого постулату, явища випромінювання світла повинні мати однаковий перебіг однаково для будь якого спостерігача. Якщо вважати, що напрямки для обох спостерігачів рівноцінні, то спостерігач *II* повинен був визначити швидкість c_{II} точно такою ж як і швидкість c_I, що визна-

чена спостерігачем *I*. В іншому разі, як доводить Л.Й. Кордиш [4, 4], виникає протиріччя у визначенні швидкості розповсюдження світла, що випливає з взаємності відносності руху. Тобто одержуємо емпіричним шляхом сталість швидкості світла. Аналогічних висновків щодо другого постулату окрім М. Планка, Л. Кордиша незалежно дійшли Ігнатовський, П. Франк (Franck), Розе (Rothe). Як зазначав Е. Уіттекер: „коли відносність визнали принципом, дії якого підкорюється уся фізична природа, вчені намагалися представити її у формі, вільній від будь-яких зв'язків з електромагнітною теорією, так щоб її можна було вивести з визначеного набору більш менш правдоподібних аксіом".

Якщо до процесу створення та розвитку теорії підійти з точки зору історичної перспективи, то, розглядаючи кожен етап усвідомлення основних положень, можна показати логіку неминучості появи цієї теорії. Важливим є усвідомлення того, як загальносвітові тенденції, у тому числі і створення теорії відносності, відбилися на процесі становлення фізичної науки в Україні, тому необхідний подальший історико-фізичний аналіз згаданих й інших праць вітчизняних фізиків у цій області науки для об'єктивної оцінки їхнього місця в процесі становлення некласичної фізики.

Література:

1. Ванеев А.А. Преподавание физики в 10 классе. – М.: Просвещение, 1978. – С. 173.
2. Окунь Л.Б. Понятие массы. – М.: ЦНИИатоминформ, 1989. – 44 с.
3. Угаров В.А. Специальная теория относительности. – М.: Наука, 1977. – С. 384.
4. Кордыш Л.И. Элементарный вывод основных формул теории относительности // Изв. Киев. политехн. ин-та. Отд. инж.-мех. – 1911. – Год 11. – Кн. 1. – С. 43-51. То же. – К.: Тип-я Кульженко, 1911. – Отд. оттиск. – 11 с.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИНЦИПУ ІСТОРИЗМУ ЯК МЕТОДОЛОГІЧНОЇ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НАУКОВОГО СВІТОГЛЯДУ ПРИ ВИКЛАДАННІ ФІЗИКИ

М.І. Садовий, О.М. Трифонова
м. Кіровоград, Кіровоградський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка
dend_a@mail.ru

За останні роки досить справедливо підвищення наукового рівня навчальних курсів фізики почали розглядати з точки зору відображення рівня і успіхів розвитку сучасної науки. Результати науково-методичного аналізу змісту й методів дослідження сучасної фізичної науки та змісту курсів фізики навчальних закладів різного рівня свідчать про наявність окремих невідповідностей фізичних знань до сучасного рівня розвитку фізичних теорій та задач розвитку наукового світогляду. Тому постала необхідність доповнення навчального матеріалу деякими науковими фактами та ідеями, які забезпечували б розв'язання задачі формування наукового світогляду і дозволили б сформувати представлення про сучасну фізичну картину світу.

Фізична картина світу – це узагальнений образ дійсності, ідеальна модель природи, що включає в себе найбільш загальні поняття, принципи і гіпотези фізики, – систему знань про найбільш загальні закономірності та властивості відомого нам фізичного світу [2, 8].

Розуміння фізичної картини світу – важлива, але не єдина сторона наукового світогляду. Фізична наука в широкому розумінні – це не лише система знань про природу, але й система методів наукового пізнання природи, тобто вона містить не лише онтологічний, але й гносеологічний аспект. Причому характерно те, що внаслідок розвитку фізики її гносеологічний аспект набуває все більшої ваги. Інакше кажучи, щоб зрозуміти об'єкт фізичного дослідження, фізикам все частіше доводиться осмислювати сам пізнавальний процес, метод і засоби пізнання, відношення об'єкта і суб'єкта пізнання. Тому і в процесі навчання фізики варто поступово знайомити з тим, як будується наукове фізичне пізнання, які є методи науки і закони наукового пізнання. Ознайомлення ж студентів з процесом наукового пізнання потребує звернення до проблем філософського характеру, оскільки дослідження особливостей, законів і загальних методів пізнання – предмет філософії.

Таким чином, найважливішим компонентом наукового світогляду, що формується при навчанні фізики, є узагальнення наукових знань про природу і процес її пізнання, що спирається на конкретне знання фактів, понять, законів і принципів фізики, і ті філософські узагальнення, які зроблені на їх основі [2, 8–9].

Фізика в процесі її вивчення повинна постати наукою, яка безперервно

розвивається і оновлюється. Методологічною основою розуміння сучасності і закономірностей складних об'єктів, дидактичної теорії і практики, які розвиваються, є принцип історизму. Він є одним з компонентів діалектичних методів, що розглядають минуле, сучасність і майбутнє цих об'єктів, явищ процесів у діалектичній єдності, виходячи не тільки з їх динаміки і мінливості у часі, але саме з їх розвитком, тобто незворотної спрямованості та закономірними змінами явищ і процесів, яка визначає напрямки і характер їх історичної трансформації.

Враховуючи вище сказане, зміст навчального матеріалу з квантової фізики ми пропонуємо доповнити деякими науковими фактами, що відображають еволюцію дослідження космічних променів.

Космічні промені – потік ядер атомів та елементарних частинок високої енергії, які приходять на Землю із космосу. Такі частинки називаються первинними. Ті частинки, які народжуються внаслідок взаємодії з атмосферою називаються вторинними. Космічні промені відкрили випадково. Їх виявили, коли почали працювати з електроскопами. Протягом першого десятиліття XX-го століття Ю. Ельстер, Г. Гейтель, Ч.Т. Вільсон, Е. Резерфорд, Г. Кук спостерігали слабку іонізацію повітря при відсутності будь-яких джерел іонізації. Німецький вчений Г. Вульф та шведський метеоролог А. Гоккель довели неземне походження джерела іонізації повітря.

Німецький вчений В.Ф. Гесс протягом 1911-1912 років здійснив сім підйомів на повітряних кулях (максимальна висота підйому становила 5350 м) з герметично закупореними електрометрами. Було встановлено, що до висоти 1000 м над рівнем моря повільно зменшується, а потім починає повільно зростати, на висоті 3000-4000 м починає перевищувати іонізацію на рівні моря. З наслідками висновків В.Ф. Гесса не погодився В. Кольхерстер. Він у 1913-1914 роках здійснив п'ять польотів на повітряних кулях, досяг висоти 9300 м і підтвердив висновки В.Ф. Гесса. Остаточно неземне походження космічних променів довів у 1923-1926 роках Р.А. Міллікен, який теж не вірив висновкам В.Ф. Гесса. Р. Міллікен ввів поняття космічних променів. Застосування куль-зондів дозволили досягти 15500 м. Датою відкриття космічних променів вважається 1912 рік, а В.Ф. Гесса першовідкривачем космічних променів. За це відкриття В.Ф. Гессу у 1936 р. присуджена Нобелівська премія.

Дослідження космічних променів в наступному мають такі віхи: 1925 р. Л.В. Мисовський та І.В.Тамм в СРСР, Р.А. Міллікен і Дж. Камерон в США незалежно вивчали поглинання космічних променів у озерній воді і виявили проникаюче випромінювання. В цьому ж році Г. Гофман (Німеччина) виявив наявність м'якої компоненти в космічних променях на рівні моря. В 1923-1927 рр. Д.В. Скобельцин у камері Вільсона вивчав ефект Комптона і після поміщення установки в магнітне поле започаткував новий напрямок фізичного експерименту, який дозволив виявити йому "ультра-бета-частинки" групами по три в камері. На той час домінувала гіпотеза про фо-

тонну природу космічних променів. Нідерландський вчений Я. Клей у 1927 р., пропливаючи біля о. Ява на шляху до Голландії, виявив за допомогою камери Вільсона широтний ефект космічних променів: зменшення їх інтенсивності на 15 % при наближенні до екватора в порівнянні з іншими широтами. В. Боте та В. Кольхерстер у 1929 р. за наслідками дослідів з вертикальним телескопом газорозрядних лічильників Гейгера-Мюллера пояснив результати Я. Клея. Б. Россі розробив нову методику досліджень космічних променів з одночасною реєстрацією частинок в трьох газорозрядних лічильниках. У 1932 році він виявив м'яку та жорстку компоненти в космічних променях. О. Клейн (Швеція) і І. Нішин у 1929 р. розробили теорію комптонівського розсіювання фотонів, де враховувався стан з від'ємною енергією, яка була введена П. Діраком у 1928 р. У 1932 р. за методом Скобельцина К.А. Андерсон виявив у космічних променях позитрон, який раніше передбачив П. Дірак.

Наступні дослідження мали такі результати:

– Х.А. Бете (1930-1932 р., Німеччина) та Ф. Блох (1933 р., США) одержали формулу для розрахунку іонізаційних втрат заряджених частинок;

– Х.А. Бете та В. Гайтлер (1934 р., Англія) розробили теорію радіаційних процесів і вивели формулу для обчислення ефективних поперечних перерізів гальмівного випромінювання електронів та утворення гамма-квантом електрон-позитронних пар;

– П. Оже (1935 р., Франція) і Б. Россі довели наявність двох компонентів у космічних променях: м'яку (поглинається десятисантиметровим шаром свинцю) і жорстку, яка не поглинається навіть метровим шаром свинцю;

– С.М. Вєрнов розробив метод автоматичного вимірювання інтенсивності космічного випромінювання шляхом передачі радіосигналами від двох розділених двосантиметровим шаром свинцю лічильників Гейгера-Мюллера. У 1936-1939 р. він виміряв широтний ефект у стратосфері в діапазоні від 5 до 56 градусів і встановив закономірність, що основна частина первинного космічного випромінювання складається з заряджених частинок;

– П.М. Блекет (Англія) та Дж. Оккіаліні (Італія) у 1938 р. за допомогою камери Вільсона, якою керували телескопом із двох лічильників Гейгера-Мюллера, виявили лінії вторинних заряджених частинок, які вперше спостерігав Д.В. Скобельцин у 1929 р. у вигляді груп треків "ультра-бета-частинок". У 1937 р. індійський вчений Г. Баба і В. Гайтлер в Англії та незалежно від них Дж. Карлсон і Р. Оппенгеймер в США побудували каскадну теорію електронно-фотонних ливнів;

– Х. Юкава у 1935 р. висунув гіпотезу про існування нестабільних частинок – мезонів – квантів обмінних ядерних сил з масою 200-300 мас електронів;

– К.Д. Андерсон і С.Г. Неддермейер у 1937 р. спостерігали у камері Вільсона поміщеній у магнітне поле після проходження свинцевої чи платинової пластини космічних променів виявили частинки з масою у 100 разів

більшою за масу електрона. Спочатку думали, що це частинки Юкави, але дещо пізніше виявилось, що це є нові частинки – мюони;

– Широкі атмосферні ливні виявили у 1938 р. П. Оже і незалежно В. Кольхерстер.

Друга світова війна внесла корективи у дослідження космічних променів. У 1947 році появились перші публікації з проблеми. Виникли два напрямки досліджень: ядерно-фізичний і космофізичний. За ядерно-фізичним напрямком є відкриття пі-мезонів і дивних частинок, а космофізичний – пов'язаний з розвитком космічної техніки.

– Ч.М.Дж. Латтес (Бразилія), Дж. Оккіаліні (Італія), С.-Ф. Пауелл (Англія) вивчали проходження заряджених частинок в ядерних емульсіях на вершині Пік-де-Міді на висоті 2800 м в Альпах і на горі Чакалтай на висоті 5500 м в Болівії відкрили нову частинку пі-мезон. Після відкриття пі-мезона Дж. Рочестер і К. Батлер виявили два випадки розпаду важких частинок у камері Вільсона. Це були К-мезони;

– Р. Арментерос, К. Баркер, К. Батлер, А. Кашон і А. Чепмен у камері Вільсона відкрили лямбда-гіперон, а через рік (замість А. Чепмена у групу ввійшов С. Йорк) спостерігали ксі-гіперон;

– А. Бонетті, Л. Ревісетті, М. Понетті, Г. Томазині у 1953 р. відкрили у космічних променях ядерних емульсій сігма-гіперон. Це була остання частинка, виявлена у космічних променях.

Починаючи з 1945 р. започатковано вивчення широких атмосферних ливнів. Їх проводили Г.Т. Задепина (СРСР) – ядерно-каскадні процеси, Дж. Нішімура, К. Камата – теоретична структура функції електронно-фотонного ливня, В. Гейзенберг, Е. Фермі, І.Я. Померанчук, Л.Д. Ландау заклали основи теорії народження вторинних частинок.

Нова ера у вивченні космічних променів наступила після перших польотів штучного супутника Землі у 1957 р. В. Аллен за допомогою супутника "Експлорер-1" і "Експлорер-3" виявили внутрішній радіаційний пояс, а С.М. Вернов, А.І. Лебединським і А.Е. Чудаковим за допомогою штучного супутника Землі – зовнішній.

наступні дослідження за допомогою виносних апаратів дозволили виявити секторну структуру міжпланетного магнітного поля, вивчити будову магнітосфери, виявити явище переполюсовки загального магнітного поля Сонця.

У 60-х роках минулого століття стала інтенсивно розвиватись нейтронна астрономія. Ще у 1946 р. Б.М. Понтекорво (СРСР) запропонував хлор-аргонну реакцію для реєстрації сонячних електронних нейтрино. Починаючи з 1967 р. Р. Девісон в США розпочав досліди з виявлення електронних нейтрино, які виходять з ядра Сонця. У 1978 р. введено до ладу підземний сцинтиляційний телескоп Баксанської нейтронної обсерваторії для реєстрації галактичних нейтрино, які генеруються під час спалахів наднових зірок. Реалізовувалась програма Г.Т. Задепіна і А.Є. Чудакова. У 80-х роках

XX століття розпочались пошуки протонного розпаду в соляній шахті м. Артемовська. Така картина світових комічних досліджень.

У 50-і роки XX століття під керівництвом радянських вчених С.М. Вернова та Г.Б. Християнсена розпочато дослідження випромінювання енергетичного спектра космічних променів за допомогою установок, які реєструють широкі атмосферні ливні. У середині 70-х років минулого століття вони прийшли до відкриття перелому в енергетичному спектрі первинного космічного випромінювання при енергії $3 \cdot 10^{15}$ еВ. Це, напевне, пов'язано з енергетичним порогом утримання космічних променів у нашій Галактиці. Крім цього було встановлено, що енергетичний спектр космічних променів досягає 10^{20} еВ; фон космічних променів нижче 10^{15} еВ практично ізотропний, а вище – 10^{17} – 10^{19} еВ – анізотропний, що вказує на його як галактичне, так і позагалактичне походження.

Особливу увагу слід звернути на той факт, що нині дослідження у галузі космічних променів ще не завершені і здійснюються при розв'язанні трьох задач:

– вимірювання енергетичного спектра первинних космічних частинок в області енергій більших за 10^{17} еВ і з'ясування галактичного чи негалактичного його походження;

– вимірювання хімічного складу первинних космічних частинок при енергії 10^{14} – 10^{15} еВ;

– пошук та вивчення локальних джерел космічних частинок у Галактиці.

При вивченні даної теми слід наголосити на тому факті, що на рубежі XX та XXI століть в науці стали розгортатись події, які нагадують стик минулих періодів. На міжнародних конференціях доповіді про космологію звучать все обгрунтованіше. Наводиться узагальнений матеріал таких конференцій, зроблений доктором фізико-математичних наук К. Ксанфомаліті [1]. Мова йде про відкриття, які приводять до глибокої ревізії уявлень про Всесвіт.

З наведеного вище матеріалу видно, що фізика була і залишається сьогодні найбільш розвиненою і систематизованою природничою наукою, сучасна картина світу в значній мірі базується саме на її досягненнях, а розвиток самої фізики безпосередньо пов'язаний з побудовою фізичних картин світу, що змінюють одна одну. При постійному зростанні кількості дослідних даних картина світу тривалий час залишається незмінною. Із зміною фізичної картини світу починається новий етап в розвитку фізики з іншою системою початкових уявлень, принципів, гіпотез і стилю мислення, тобто іншою парадигмою. Отже, при вивченні квантової фізики в сучасному вищому навчальному закладі особливо слід наголосити, що якраз фізична освіта дозволяє людині конструктивно сприймати зміну руйнуючих одна одну парадигм, які описують влаштування світу.

Література:

1. Ксанфомалити К. Темная вселенная. Сюрприз космологии к 100-летию открытия Эйнштейна // Наука и жизнь. – 2005. – № 5. – С. 58-69.

2. Мощанский В.Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики. Пособие для учителей. Изд. 2-е, перераб. – М.: Просвещение, 1976. – 158 с.

3. Оконь Л.Б. Физика элементарных частиц. – М.: Наука, 1988. – 272 с.

Наші автори

Арбузов Павло Анатолійович, студент гр. 533 факультету ОБЗ Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна (*методика викладання фізики та історія фізичної науки*)

Атаманчук Петро Сергійович, д.пед.н., професор, завідувач кафедри методики викладання фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського державного університету (*оцінювання якості знань, управління пізнавальною діяльністю студентів, еталонні вимірники якості знань*)

Бакал Анатолій Миколайович, викладач Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (*інформаційні технології, психологія, астрофізика, стратегічний менеджмент, маркетинг*)

Балабай Руслана Михайлівна, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету (*нові матеріали в сучасній електроніці, методи комп'ютерного моделювання в фізиці твердого тіла*)

Безлєпкін Анатолій Андрійович, к.ф.-м.н., с.н.с. Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (*фізика магнітних явищ*)

Безуглий Анатолій Васильович, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики Харківської національної академії міського господарства (*фізика та методика її викладання в вищій школі, дифракція та поширення електромагнітних хвиль*)

Бешевлі Борис Іванович, к.т.н., доцент кафедри загальної фізики та дидактики фізики Донецький національний університет (*дидактика фізики*)

Білозерова Юлія Володимирівна, студент 4 курсу кафедри загальної фізики та дидактики фізики Донецький національний університет (*дидактика фізики*)

Білошкурський Валентин Васильович, лаборант кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання Уманського державного педагогічного університету ім. Павла Тичини (*методика фізики*)

Бобринська Інна Сергіївна, магістрант 6-го курсу Криворізького державного педагогічного університету (*електромагнетизм та методика його навчання*)

Бовтрук Алла Георгіївна, к.ф.-м.н., доцент кафедри загальної фізики Національного авіаційного університету (*розробка засобів навчання загальної фізики у технічному ВНЗ в умовах кредитно-модульної системи*)

Бойко Григорій Миколайович, старший викладач Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (*інформаційні технології, психологія, астрофізика, стратегічний менеджмент*)

Бурак Володимир Іванович, старший викладач кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету (*методика навчання фізики, зокрема електромагнетизму*)

Бурдейна Наталія Борисівна, асистент кафедри фізики Київського національного університету будівництва і архітектури (*дидактика фізики вищої*

школи)

Бурмістров Олександр Миколайович, к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедрою фіз.-мат. наук Державної льотної академії України (*дидактика фізики*)

Валійов Борис Михайлович, завідувач лабораторії кафедри експериментальної фізики фізичного факультету Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (*лекційний фізичний демонстраційний експеримент*)

Вармінський Михайло Володимирович, старший викладач Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (*фізика*)

Вершинін О.В., студент Криворізького державного педагогічного університету

Виноградов Анатолій Григорович, к.ф.-м.н., доцент, начальник кафедри природничонаукових дисциплін Академії пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля (*викладання фізики, процеси теплообміну під час розвитку та гасіння пожеж*)

Возняк Андрій Васильович, асистент кафедри екології і фізики Донецький національний університет економіки і торгівлі імені М. Туган-Барановського (*нанотехнології, фізика полімерів, методика викладання фізики*)

Войтович Оксана Петрівна, здобувач кафедри методики викладання фізики і хімії Рівненського державного гуманітарного університету (*теорія і методика навчання природничих дисциплін, інтеграційні і міжпредметні зв'язки між природничими дисциплінами*)

Волков Олександр Федорович, к.т.н., доцент кафедри фізики Донецький національний технічний університет

Волошина Катерина Олександрівна, аспірант кафедри фізики та методики викладання фізики Бердянського державного педагогічного університету (*історія методики вивчення електродинаміки*)

Воронович Данило Олександрович, старший викладач Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (*фізика*)

Гаврилова Тетяна Володимирівна, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (*радіофізика, методика навчання*)

Галатюк Юрій Михайлович, к.пед.н., доцент кафедри методики викладання фізики та хімії Рівненського державного гуманітарного університету (*теорія і методика навчання фізики*)

Галдіна Олександра Миколаївна, к.ф.-м.н., доцент кафедри квантової макрофізики Дніпропетровського національного університету (*термодинаміка та статистична фізика, теорія фазових переходів, критичні явища, статистичні моделі*)

Герус Світлана Олександрівна, д.пед.н., професор, провідний науковий

співробітник Інституту змісту та методів навчання РАО (*методика формування узагальнений вмінь з хімії на основі алгоритмізації та комп'ютеризації навчання, теорія та практика раціоналізації процесу навчання хімії в середній школі*)

Гетманова Олена Євгенівна, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики Белгородського державного технологічного університету ім. В.Г. Шухова (*комп'ютерне моделювання фізичних процесів, нелінійні коливання, комп'ютерна графіка*)

Глущенко Микола Іванович, к.ф.-м.н., доцент Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (*фізика*)

Гордієнко Юрій Олександрович, студент 4-го курсу Криворізького державного педагогічного університету (*електромагнетизм та методика його навчання*)

Грицьких Олексій Володимирович, аспірант Луганського національного педагогічного університету імені Тараса Шевченка

Гулівець Олексій Миколайович, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна (*методика викладання фізики та історія фізичної науки*)

Гулов Олексій Володимирович, к.ф.-м.н., доцент кафедри квантової макрофізики Дніпропетровського національного університету (*фізика елементарних частинок, комп'ютерне моделювання*)

Даньшева Світлана Олегівна, к.пед.н., доцент кафедри фізики Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури (*дослідження в галузі викладання фізики*)

Денисенко Олександр Іванович, к.т.н., доцент кафедри фізики Національної металургійної академії України (*інформаційні технології в навчанні фундаментальним дисциплінам; програмно-апаратні комплекси для багатоканальних діагностик та керувань; лазерна діагностика плазми*)

Дергачов Михайло Петрович, к.ф.-м.н., старший викладач кафедри фізики твердого тіла та оптоелектроніки Дніпропетровського національного університету (*оптика та спектроскопія конденсованого стану, оптоелектроніка, фотоніка*)

Деревцова Світлана Миколаївна, старший викладач кафедри медичної та біологічної фізики Смоленської державної медичної академії (*теорія та методика професійної освіти*)

Довгаленко Раїса Володимирівна, лаборант кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання Уманського державного педагогічного університету ім. Павла Тичини (*методика фізики*)

Єгоренков Володимир Дмитрович, д.ф.-м.н., професор кафедри експериментальної фізики фізичного факультету Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (*фізика плазми та газового розряду, методика викладання фізики, фізичний експеримент*)

Єрьоміна Олена Федорівна, к.т.н., доцент кафедри фізики Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (*фізика твердого тіла, методика навчання*)

Єчкало Юлія Володимирівна, асистент кафедри фундаментальних дисциплін Криворізького металургійного факультету Національної металургійної академії України

Засельська Тетяна Олексіївна, старший викладач Криворізького металургійного факультету Національної металургійної академії України (*динаміка і міцність вібраційних грохотів*)

Засельський Володимир Йосипович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри механічного обладнання металургійних заводів Криворізького металургійного факультету Національної металургійної академії України (*моделювання, проектування і розрахунок машин і механізмів, вивчення впливу методів неформальної освіти і психометричного мислення на якість підготовки студентів у вищій школі*)

Зуєв О.В., студент Криворізького державного педагогічного університету

Камнєв О.Л., студент Криворізького державного педагогічного університету

Кірсань Ганна Сергіївна, студент 4-го курсу Криворізького державного педагогічного університету (*електромагнетизм та методика його навчання*)

Комозинський Петро Адамович, к.т.н., доцент Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (*фізика*)

Коновал Олександр Андрійович, к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету (*методика навчання електромагнетизму*)

Копанець Євген Григорович, д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедрою фізики Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури (*дослідження в галузі викладання фізики*)

Копейкіна Тетяна Геннадіївна, викладач кафедри загальнонаукових дисциплін Одеського національного морського університету (*методика викладання фізики*)

Крот Юлій Євгенович, к.т.н., професор Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури (*фізика твердого тіла, оптика, історія фізики*)

Кунцевич Станіслав Петрович, д.ф.-м.н., професор Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (*фізика магнітних явищ*)

Курбатов Юрій Афанасійович, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету (*фізика та астрономія*)

Лумпієва Таісія Петрівна, старшій викладач кафедри фізики Донецький національний технічний університет

Лягушин Сергій Федорович, к.ф.-м.н., доцент Дніпропетровського національного університету (*нерівноважні процеси надвипромінювання, методика викладання фізики в середній та вищій школі*)

Макаренко Ірина Євгенівна, магістрант Криворізького державного педагогічного університету

Мартинюк Михайло Тадейович, д.пед.н., професор, член-кор. АПН України, ректор, завідувач кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання Уманського державного педагогічного університету ім. Павла Тичини (*теорія навчання фізики і астрономії*)

Менумеров Рішад Мамбетович, к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедри трудового навчання Кримського інженерно-педагогічного університету (*електрика та магнетизм*)

Мерзликін Павло Володимирович, аспірант кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету (*нові матеріали в сучасній електроніці, методи комп'ютерного моделювання в фізиці твердого тіла*)

Мєняйлов Сергій Миколайович, старший викладач кафедри загальної фізики Національного авіаційного університету (*методика контролю пізнавальної діяльності студентів із загальної фізики*)

Мовчан Станіслав Петрович, к.ф.-м.н., професор кафедри фізики Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (*радіофізика, методика навчання*)

Моісеєнко Михайло Вікторович, асистент кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету (*методика навчання фізики, комп'ютерне моделювання, нанотехнології*)

Мойсеєнко Василь Миколайович, д.ф.-м.н., професор кафедри фізики твердого тіла та оптоелектроніки Дніпропетровського національного університету (*оптика та спектроскопія конденсованого стану, оптоелектроніка, фотоніка*)

Мочеус Олександра Сергіївна, студент магістратури 5-го року навчання Криворізького державного педагогічного університету (*електромагнетизм та методика його навчання*)

Мушенков Юрій Анатолійович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри теоретичної механіки Національної металургійної академії України (*теоретична механіка, диференційні рівняння, теорія коливань механічних систем*)

Новік Марина Геннадіївна, студент 4 курсу фізико-математичного факультету Криворізького державного педагогічного університету (*методика навчання фізики, комп'ютерне моделювання, нанотехнології*)

Опришко Володимир Іванович, асистент кафедри фізики Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна (*методика викладання фізики та історія фізичної науки*)

Осауленко Людмила Борисівна, викладач фізики Юридичного ліцею ім. Я.Ю. Кондратьєва Київського національного університету внутрішніх справ (*методика вивчення механічних рухів в шкільних курсах фізики та астроно-*

мії)

Остапчук Микола Васильович, к.пед.н., доцент Рівненського державного гуманітарного університету (*теорія і методика розвивального навчання*)

Остапчук Сава Адамович, аспірант Державної льотної академії України (*самостійна робота курсантів з фізики*)

Пастушенко Сергій Миколайович, к.ф.-м.н., доцент Національного авіаційного університету (*педагогіка вищої школи; методика викладання фізики в школі та ВНЗ*)

Петрова Ольга Іванівна, к.ф.-м.н., доцент Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (*фізика*)

Петченко Олександр Матвійович, д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри фізики Харківської національної академії міського господарства (*дифракція електромагнітних хвиль, релаксаційні явища і фонон-дислокаційні взаємодії в кристалах*)

Погребняк Ірина Федорівна, асистент кафедри загальної та прикладної фізики Херсонського національного технічного університету

Подус Галина Миколаївна, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури (*дослідження в галузі викладання фізики*)

Половина Галина Петрівна, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету

Половина Микола Никифорович, к.ф.-м.н., доцент Дніпропетровського національного університету (*теоретична фізика*)

Попова Тетяна Миколаївна, к.пед.н., доцент, докторант кафедри методики фізики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (*гуманістична спрямованість фізичної освіти на засадах культурологічного підходу до навчання*)

Проказа Олександр Тихонович, к.пед.н., доцент кафедри фізики, почесний професор університету, член-кореспондент Міжнародної академії наук педагогічної освіти Луганського національного педагогічного університету імені Тараса Шевченка (*теорія змісту навчального матеріалу, проблеми герменевтики та семіотики в дидактиці та методиці фізики*)

Пучков Борис Васильович, к.т.н., доцент кафедри загальнонаукових дисциплін Одеського національного морського університету (*методика викладання фізики*)

Рябко Андрій Вікторович, аспірант кафедри методики фізики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова

Савчук Варфоломій Степанович, д.і.н., професор кафедри квантової макрофізики Дніпропетровського національного університету (*історія науки та техніки, методика викладання фізики, історія фізики*)

Садовий Микола Ілліч, д.пед.н., професор кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету

імені Володимира Винниченка (*проблеми викладання квантової фізики в вищій та середній школі*)

Семерня Оксана Миколаївна, старший викладач кафедри методики навчання фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського державного університету (*оцінювання якості знань, управління пізнавальною діяльністю студентів, еталонні вимірники якості знань*)

Сергієнко Володимир Петрович, д.пед.н., професор кафедри загальної фізики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (*методика навчання фізики у вищих навчальних закладах*)

Сліпухіна Ірина Андріївна, к.ф.-м.н., доцент кафедри загальної фізики Національного авіаційного університету (*методика навчання фізики у вищих технічних навчальних закладах, фізика твердого тіла*)

Слюсаренко Микола Анатолійович, викладач Криворізького державного педагогічного університету

Соколовський Олександр Йосипович, д.ф.-м.н., професор Дніпропетровського національного університету (*нерівноважні процеси в плазмі, методика викладання фізики в середній та вищій школі*)

Стецик Сергій Павлович, аспірант Уманського державного педагогічного університету ім. Павла Тичини (*методика викладання фізики, загальна фізика*)

Сусь Богдан Арсентійович, д.пед.н., професор кафедри загальної і теоретичної фізики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» (*проблеми дидактики фізики*)

Таран Анатолій Олексійович, к.ф.-м.н., професор Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (*фізика*)

Тіщенко Євген Ігорович, студент 5-го курсу Криворізького державного педагогічного університету (*електромагнетизм та методика його навчання*)

Ткаченко Ігор Анатолійович, к.пед.н., доцент кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання Уманського державного педагогічного університету ім. Павла Тичини (*теорія навчання фізики і астрономії*)

Трифонова Олена Михайлівна, старший лаборант кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (*проблеми викладання квантової фізики в вищій та середній школі*)

Хижковий Василь Петрович, к.ф.-м.н., доцент Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (*фізика твердого тіла, оптика, історія фізики*)

Хоменчук Тетяна Святославівна, аспірант Рівненського державного гуманітарного університету

Цоцко Виталий Іванович, старший викладач кафедри фізики та матеріалознавства Дніпропетровського державного аграрного університету (*ме-*

талофізика, біофізика)

Чернецький Ігор Станіславович, аспірант кафедри методики викладання фізики та дисциплін технологічного змісту Кам'янець-Подільського державного університету (*шляхи формування освітнього середовища для позакласних досліджень учнів з фізики*)

Чуйко Геннадій Петрович, д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедрою загальної та прикладної фізики Херсонського національного технічного університету

Швед Сергій Віталійович, старший викладач кафедри механічного обладнання металургійних заводів Криворізького металургійного факультету Національної металургійної академії України (*вібраційне грохочення*)

Шевчук Олена Леонідівна, студент 4-го курсу Криворізького державного педагогічного університету (*електромагнетизм та методика його навчання*)

Шихальова Тетяна Сергіївна, студент Криворізького державного педагогічного університету (*фізика та астрономія*)

Шут Микола Іванович, д.ф.-м.н., професор, член-кореспондент АПН України, завідувач кафедри загальної фізики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (*проблеми дидактики фізики*)

Щербак Олена Анатоліївна, асистент кафедри квантової макрофізики Дніпропетровського національного університету (*історія науки та техніки, методика викладання фізики, історія фізики*)

Зміст

Розділ І. Комп'ютерне моделювання в навчанні фізики 3
О.В. Гулов. Застосування комп'ютерного моделювання при вивченні фізики 4
А.В. Рябко. Комп'ютерне моделювання як засіб підготовки вчителів фізики у вищих педагогічних навчальних закладах 7
Ю.В. Єчкало. Вибір середовища моделювання фізичних процесів 11
Е.Е. Гетманова. Интерактивное изучение физики 15
А.В. Безуглий, О.М. Петченко. Комп'ютерне моделювання досліду Резерфорда 19
В.И. Засельский, С.В. Швед, Т.А. Засельская. Компьютерное моделирование кинематического анализа плоского механизма 25
О.В. Зуєв, О.В. Вершинін, О.А. Коновал, М.А. Слюсаренко. Застосування методу Д'Аламбера при комп'ютерному моделюванні коливань струни в курсі «Методи математичної фізики» 31
Ю.А. Курбатов, Т.С. Шихалева. Эволюция системы Земля-Луна в долгосрочной перспективе 37
Р.М. Балабай, П.В. Мерзликін. Комп'ютерне моделювання фізичних процесів в середовищі Carbon-Designer 44
В.И. Опришко, А.Н. Гуливец, П.А. Арбузов. Применение математического моделирования в некоторых лабораторных работах по основам электродинамики 47

Розділ ІІ. Дидактика фізики вищої школи 56
Б.В. Пучков, Т.Г. Копейкина. Некоторые аспекты преподавания физики в системе довузовской подготовки 57
М.В. Варминский, Д.А. Воронович, А.А. Таран, Н.И. Глущенко, О.И. Петрова, П.А. Комозынский. Тесты, методики решения задач, примеры и задачи по физике 61
А.В. Возняк. Основні функції рейтингової оцінки знань 65
А.Г. Бовтрук, С.М. Мєняйлов. Концепція комп'ютерного контролю знань студентів із загальної фізики 69
Т.В. Гаврилова, О.Ф. Єрьоміна, С.П. Мовчан. Особливості методичної роботи та форм контролю знань студентів з курсу фізики в умовах кредитно-модульної технології навчання 74
А.Г. Виноградов. Кредитно-модульна система – перші підсумки її впровадження (на прикладі дисципліни «Фізика») 77
Т.П. Лумпиева, А.Ф. Волков. Организация методического обеспечения курса физики в условиях кредитно-модульной системы обучения 81
Б.І. Бешевлі, Ю.В. Білозерова. Принцип гуманізації при викладанні загальної фізики 85
С.А. Остапчук, О.М. Бурмістров. Активізація самостійної роботи курсантів при вивченні фізики в авіаційному вузі 88

О.Т. Проказа, О.В. Грицьких. Навчально-пізнавальні суперечності як передумова пошукової квазісамостійної діяльності студентів на заняттях з фізики 92
О.М. Трифонова, М.І. Садовий. Впровадження новітніх наукових досягнень у курс загальної фізики вищої школи 97
Г.П. Чуйко, І.Ф. Погребняк. On-line і off-line засоби комп'ютеризації викладання курсу загальної фізики в технічних університетах 103
Н.Б. Бурдейна. Навчально-методичний комплект з фізики у будівельних вищих навчальних закладах 108
В.П. Сергієнко, І.А. Сліпухіна. Із досвіду складання робочої навчальної програми з курсу фізики для вищого технічного навчального закладу 115
С.А. Герус, С.Н. Деревцова. Курс медицинской и биологической физики в системе медицинского образования, методологические подходы к его модернизации в учебном процессе 119
Е.Г. Копанец, Г.Н. Подус, С.О. Даньшева. Использование материала специальных приложений при изучении курса физики на примере "умного дома" 125
О.І. Денисенко, В.І. Цоцко. Деякі аспекти обробки результатів вимірювань 130
Б.М. Валійов, В.Д. Єгоренков. Явище прецесії та його вивчення у деяких розділах фізики 134
А.А. Безлепкин, С.П. Кунцевич. Демонстрация явления магнитострикции методом ферромагнитного резонанса 147
С.М. Пастушенко. Розробка компонентів змістового модуля «Механіка» 152
Ю.А. Мушенков. Понятие силы в классической механике 157
С.Ф. Лягушин, О.Й. Соколовський. Ермітові оператори в курсі теоретичної фізики 166
В.М. Моісеєнко, М.П. Дергачов. Щодо сучасної концепції викладання курсу оптики 169
Ю.Є. Крот, В.П. Хижковий. До історії виявлення ефекту просвітлення оптики та винайдення способів його практичної реалізації 173
О.М. Галдіна. Методика викладання теорії флуктуацій в курсі «Термодинаміка та статистична фізика» 182
Р.М. Менумеров. О некоторых особенностях взаимодействия электрических токов и намагниченных тел 188
В.І. Бурак, І.С. Бобринська, Ю.О. Гордієнко, Г.С. Кірсань, О.Л. Шевчук. Ряд активності речовин при їх взаємній електризації контактом 192
О.А. Коновал. Стаціонарне електричне поле провідника зі струмом як релятивістський ефект 198
О.А. Коновал. Природа електромагнітної індукції 207
В.І. Бурак, Є.І. Тіщенко, О.С. Мочеус. Вивчення електромагнітної індукції на рівні її польового трактування у вищих навчальних закладах 210
В.І. Бурак, О.А. Коновал. Вивчення електромагнетизму на спеціальності

«Фізика» педагогічного університету за умов кредитно-модульної системи 215
А.Т. Проказа. Квантоны как объекты познания и «вещи в себе» (некоторые эвристические точки зрения) 221
Б.А. Сусь, М.І. Шут. Квантово-механічні явища з точки зору уявлень коливного руху матерії 229
М.Н. Половина. Про зміну довжини хвилі фотона в ефекті Комптона 234
М.Т. Мартинюк, І.А. Ткаченко. Інноваційні технології навчання астрономії в умовах функціонування навчально-виховного центру "Планетарій" 237
А.М. Бакал, Г.М. Бойко. Використання спеціалізованих астрономічних серверів під час вивчення сферичної астрономії 247

Розділ III. Професійна підготовка вчителя фізики 253
П.С. Атаманчук, О.М. Семерня, Б.А. Сусь. Цільові орієнтації фізичних знань як засіб формування професійної компетентності майбутнього вчителя 254
С.П. Стецик. Проблема формування інформатичних компетентностей у майбутніх учителів фізики та астрономії 262
Ю.М. Галатюк. Розвиток педагогічної творчості у контексті викладання методики навчання фізики 267
Т.С. Хоменчук, М.В. Остапчук. Деякі ідеї розвивального потенціалу фізики 272
В.В. Білошкурський. Вивчення МКТ засобами ІКТ в курсі фізики 10 класу 277
М.Г. Новік, М.В. Моісеєнко. Особливості впровадження курсу "Інформаційно-комунікаційні засоби навчання фізики" 280
Г.П. Половина, О.Л. Камнєв. Використання методу проектів у сприянні формування навичок високого мислення при вивченні фізики 286
Р.В. Довгаленко. Інтерактивні методи кооперативного навчання під час вивчення атомної фізики учнями 11 класів 292
І.С. Чернецький. Методика використання цифрового аналізу відеозображень у лабораторних роботах з механіки 298
Ю.А. Курбатов, І.Є. Макаренко. Використання напівпровідникового лазера (лазерна указка) в телеметричних вимірюваннях у шкільному курсі фізики 303
О.П. Войтович, Ю.М. Галатюк. Підготовка вчителів фізики до реалізації міжпредметних зв'язків у навчальному процесі ЗОШ 307
К.О. Волошина. Історична зумовленість методики вивчення електродинаміки у шкільному курсі фізики 312
Л.Б. Осауленко. Історія вивчення руху планет в шкільних підручниках 317
Т.М. Попова. Ігор Васильович Курчатов – фізик, який досліджував і скоряв атом 322

В.С. Савчук, О.А. Щербак. Історико-фізичний контекст викладання теми «Спеціальна теорія відносності» при підготовці викладачів фізики..... 346
М.І. Садовий, О.М. Трифонова. Реалізація принципу історизму як методологічної основи розвитку наукового світогляду при викладанні фізики 349

Наші автори 355

Наукове видання

Теорія та методика навчання

математики, фізики, інформатики

Випуск VII

В 3-х томах

Том 2

Підп. до друку 10.03.08
Папір офсетний №1
Ум. друк. арк. 22,94

Формат 80×84 1/16
Зам. №2-1003
Наклад 300 прим.

Жовтнева районна друкарня
50014, м. Кривий Ріг, вул. Електрична, 5
Тел. (0564) 407-29-02

E-mail: cc@optima.com.ua