Міністерство освіти та науки України
Національна металургійна академія України

Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики

Збірник наукових праць
Випуск VI

Том 2

Кривий Ріг
Видавничий відділ НМетАУ
2006

УДК 371

Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск VI: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2006. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – 286 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
Є.Я. Глушко, доктор фізико-математичних наук, професор
О.І. Олейніков, доктор фізико-математичних наук, професор
М.І. Жалдак, доктор педагогічних наук, професор
П.С. Атаманчук, доктор педагогічних наук, професор
В.І. Клочко, доктор педагогічних наук, професор
Ю.О. Дорошенко, доктор технічних наук, професор
О.Д. Учитель, доктор технічних наук, професор
І.О. Теплицький, відповідальний редактор
С.О. Семеріков, відповідальний секретар

Рецензенти:
Г.Ю. Маклаков – д-р техн. наук, професор кафедри кібернетики та обчислювальної техніки Севастопольського національного технічного університету, науковий керівник лабораторії біокібернетики, дійсний член Міжнародної академії біоенерготехнологій
А.Ю.Ків – д-р фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної фізики Південноукраїнського державного педагогічного університету (м. Одеса)

Друкується за ухвалою вченої ради
Національної металургійної академії України

ISBN 966-8413-20-7

Розділ І

Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу

ІНТЕРАКТИВНІ ЗАНЯТТЯ ЯК ОСНОВА ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

М.І. Шут[1], Б.А. Сусь[2]
[1] м. Київ, Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова
[2] м. Київ, Національний технічний університет України "КПІ"

Вступ. Реформа освіти в Україні, яка відбувається у зв'язку з Болонським процесом, поширюється на всі галузі освіти і серйозним чином стосується системи вищої освіти, в тому числі технічної. Особливістю змін, що відбуваються у вищій школі, є зміщення центра ваги в сторону самостійної навчальної діяльності студентів. При цьому відбувається значний перерозподіл часу між аудиторними заняттями студентів і їх самостійною роботою. Такі зміни вимагають перебудови всіх форм навчального процесу – організаційних, змістових, структурних, комунікативних тощо. Це стосується також усіх видів і форм занять, зокрема лекційних.

Розгляд проблеми. Лекція як вид навчальних занять традиційно займала магістральне положення у навчальному процесі вищої школи. Вона була основним джерелом інформації, визначала зміст навчального матеріалу, його науковість і новизну. Інші види занять – практичні, семінарські, лабораторні – були доповненням до лекцій. Відповідно на лекції припадала найбільша частина занять. Такі функції за лекцією збереглися до нинішнього часу, однак в новій ситуації стали виразно виявлятися як її внутрішні суперечності, так і суперечності стосовно місця лекції в навчальному процесі взагалі. Стрімке зростання кількості інформації поставило вимоги щодо форм подачі навчальної інформації студентові і її засвоєння. На порядок денний стало питання самостійної роботи студента, внаслідок чого кількість лекційних занять зменшується і зростає частка тієї навчальної роботи, яку ми називаємо самостійною роботою студентів. Постає питання щодо місця і ролі лекції стосовно вимог до самостійної роботи студента. Це об'єктивні тенденції, тому слід проаналізувати причини, які обумовили якісні зміни в навчальному процесі у вищій школі і, зокрема, у вищих технічних навчальних закладах. Як уже зазначалось, такі причини мають як внутрішній, так і зовнішній характер.

Традиційно лекція має двоїсте призначення – подання навчальної інформації і виховний аспект. Подання навчальної інформації на лекціях, особливо в технічних навчальних закладах, завжди превалювало над виховною функцією і це визначало форму лекції. Виховний процес автоматично відсторонювався на другий план. Подання інформації визначається головним чином впливом на розумову діяльність, тоді як виховання значною мірою пов'язане з емоціями, що й визначає як особливість лекції так і особистість лектора, а також різні уявлення про те, якою повинна бути лекція. Особливо виявляється відмінність лекцій з технічних і гуманітарних дисциплін, що

необхідно враховувати при організації занять у вищому технічному навчальному закладі.

Проаналізуємо з цієї точки зору роль лекції у сучасному навчальному процесі.

Історично лекція для студента була основним джерелом нової інформації і лектор був носієм цієї інформації. Тому традиційно лекція пов'язувалась з конспектуванням матеріалу, над яким студентові необхідно було подальше працювати. Оскільки написання навчальних посібників і їх видання було складним і тривалим процесом, матеріал в посібниках піддавався старінню, тому лектор був носієм найновішої інформації, що підвищувало цінність конспектів. Засвоєння інформації залежало від уміння лектора подати матеріал і здатності студента його сприйняти і законспектувати.

У наш час ситуація кардинально змінюється, що призводить до змін у структурі навчального процесу. Комп'ютеризація дала якісно нові можливості доступу до інформації і для розвитку навчального процесу, тому те, що вчора було недоступним, сьогодні стає загальноможливим. За таких умов стають неминучими зміни у структурі всіх видів занять, зокрема й лекційних. Завдання подачі змісту матеріалу під час лекції і його конспектування студентами вже виходить з ряду основних, оскільки студент може отримати повний текст лекції у вигляді дискети чи в Інтернеті і роздрукувати її. Однак актуальною залишається роль лектора в тому, що він повинен забезпечить таку можливість, тобто, відібрати необхідний матеріал і написати лекцію. Щодо передачі тексту лекції студентові, то у лектора немає особливої проблеми, оскільки тексти лекцій знаходяться в нього у комп'ютері. Отже, назріли об'єктивні причини для організації нової форми лекційного заняття, при якій відпадає важлива традиційна функція – потреба в конспектуванні. Більше того, якщо раніше конспектування було необхідним для збереження інформації студентом для подальшої роботи нею, то тепер, коли збереження інформації має альтернативу, проявляються негативні наслідки конспектування. Стає очевидним, що сам процес конспектування перешкоджає сприйняттю інформації, оскільки якісно виконувати дві роботи одночасно – думати над тим, що слухаєш, і записувати – неможливо. Доречно в цьому контексті згадати Шаталова – під час пояснення матеріалу чи розв'язування задач його учні не писали [1, 2]. Як відмічає професор Марквардт, записування продуктивне лише в тому випадку, коли рука йде за власною думкою, а не за словом лектора [3]. Студент, який намагається повніше записати матеріал, перестає думати і свідомо сприймати інформацію. Ця думка підтверджується дослідженнями [4], згідно з якими 70% студентів бачать своє основне завдання в тому, щоб вести детальний конспект, і лише 10% – щоб розумово опрацьовувати інформацію. Однак, якщо студент тільки слухає і неуважно записує, тобто, не створює конспекту, то втрачає можливість для повноцінної подальшої роботи над матеріалом, що дуже важливо, оскільки в пам'яті студента після разового прослуховування матеріалу

на лекції, як про це свідчать психологічні дослідження, залишається не більше 20% інформації [5]. Таким чином, в умовах комп'ютеризації вимальовується новий образ лекційного заняття, на якому дещо інша роль відводиться як лектору, так і студентам. У лектора з'являються інші можливості для подачі матеріалу, бо вже нема необхідності підлаштовуватися до його конспектування студентами, а в студента – інші можливості для його сприйняття і засвоєння. Форми занять нового типу можуть бути різними, але спільним і визначальним для них є те, що під час лекції існують умови для самостійної розумової діяльності студента, а значить його активної участі в пізнавальному процесі.

Розглянемо детальніше такі лекційні заняття, які забезпечують можливість самостійної роботи студента під час заняття.

Проблема самостійної роботи студентів під час лекції хвилювала дослідників-методистів досить давно. Для лекторів відомий спосіб будувати лекцію таким чином, щоб після висловлення певної думки робити паузу, створюючи таким чином умови для студентів розумово опрацювати і записати сказане [6]. Однак це дає можливість лише часткового, а не принципового розв'язання проблеми, оскільки залишалась необхідність у конспектуванні. Інша справа, коли в розпорядженні студента вже є повноцінний конспект і створювати його під час лекції не треба.

Розглянемо варіанти проведення заняття в такому випадку.

Один із варіантів полягає в тому, що під час першої години лекційного заняття студенти самостійно опрацьовують матеріал, читаючи конспекти. За годину матеріал лекції можна зосереджено і уважно прочитати два або й три рази. Викладач у цей час спостерігає за роботою студентів, підходить до того чи іншого студента, щоб допомогти індивідуально з'ясувати питання, які виникають при читанні (позначення, рисунки, терміни тощо). Таким чином створюються умови для повноцінної самостійної роботи студентів над навчальним матеріалом. Зрозуміло, що після прочитання тексту лекції, студенти певною мірою вже засвоюють матеріал, зауважують важкі або незрозумілі місця. Важливо також, що студенти працюють у присутності викладача, тому він має унікальну можливість побачити позитивні і негативні моменти побудови лекції, відбору матеріалу, способу його викладення, засоби доказовості тощо. Шляхом опитування викладач може легко встановити, що потребує додаткового роз'яснення з його боку. Це можна зробити під час другої години заняття.

Друга година лекційного заняття принципово відрізняється від першої. Тут активна роль відводиться викладачеві як лектору. Студенти, ознайомившись з матеріалом під час самостійної роботи над ним, переходять в інший, полегшений режим роботи. Важча частина – активна розумова діяльність, вже відбулася. Тепер вони можуть спокійно слухати лектора, маючи перед собою конспекти з опрацьованим матеріалом. Зауважимо, що зміна форми роботи студентів психологічно виправдана, оскільки це дає можли-

вість зберегти зацікавленість до матеріалу, який вивчається.

В такій ситуації у лектора нема потреби повторювати увесь зміст матеріалу лекції – лекція вже опрацьована студентами. Тому він може про деякі питання говорити побіжно, описово, у швидкому темпі, а зосередити увагу студентів на складніших питаннях. При нагоді тут стають різні технічні засоби навчання. Дуже доречно скористатися заготовленими рисунками, формулами на прозірках, які можна спроектувати на екран. При цьому важливо зберегти таку ж їх форму і послідовність розміщення, як і в конспектах. Звичайно, це не виключає можливості традиційного використання дошки і крейди. Ще більші можливості розкривають зображувальні засоби за допомогою комп'ютера.

Істотно змінюється поведінка лектора під час розповіді. Якщо традиційно темп лекції визначається необхідністю конспектування, то тепер він може бути значно прискореним. Розповідь може бути емоційною, чого при традиційній лекції, наприклад з фізики, математики чи якоїсь технічної дисципліни, викладач собі дозволити не може. Відомо, що при емоційному викладі на традиційній лекції студенти перестають записувати матеріал і значною мірою позбавляються можливості для логічного осмислення. В даному ж випадку тут усе може виявитись доречним – жести, міміка, інтонації тощо. Можна вільно використовувати ілюстрації, плакати, є великі можливості для демонстрацій.

Дуже важливе значення має запропонований тип лекційного заняття для зростання майстерності лектора, оскільки підготовка текстів лекції вимагає старанного відбору змісту, структурування і шліфування матеріалу. При цьому зростає якість лекційного матеріалу. Принагідно зауважимо, що кожен лектор заслуговує на те, щоб його лекції були надруковані і до них мали доступ студенти. Принаймні, ці тексти хоча б в декількох примірниках повинні бути в читальному залі бібліотеки у вигляді брошурок чи комп'ютерних дисків, повинні бути у місцевій інтранет-мережі.

До речі, підготовка текстів лекцій до видання має ще один позитивний аспект – до цього процесу можуть бути активно залучені студенти при набиранні і впорядкуванні тексту на комп'ютері, виготовленні рисунків, прозірок тощо. Така форма співпраці викладача і студента становить основу діяльнісного методу навчання, коли студент отримує не тільки знання, але також конкретні уміння при виконанні суспільно-корисної роботи [7].

Другий варіант лекційного заняття має ту відмінність і особливість, що лектор до викладу матеріалу залучає студентів. Це повинні бути студенти, які успішно навчаються і мають бажання брати активну участь у занятті. Для цього декілька студентів завчасно самостійно опрацьовують лекційний матеріал і певні питання лектор доручає їм розглянути під час лекції. Такий спосіб проведення лекційних занять має істотні переваги, оскільки в ньому також присутня складова діяльнісного методу навчання. У процесі підготовки студенти набувають суспільно-корисних умінь, оскільки діяльність сту-

дентів, які виступають на занятті в ролі лектора, має цінність для інших студентів. Практика показує, що такі студенти завжди є і вони досить добре справляються із завданням. Більше того, їх виступи в ролі лектора досить добре сприймаються студентами.

Деякі лекційні заняття, матеріал яких не дуже складний, доцільно повністю проводити за участю студентів-лекторів. Викладач на таких заняттях керує лекційним процесом, приходить на допомогу в разі виникнення ускладнень.

Особливістю описаних інтерактивних лекційних занять є створення умов для самостійної роботи студентів під час лекційного заняття, ознакою чого є активна самостійна розумова діяльність під час першої години заняття. Активна участь студентів зберігається також на другій годині заняття, коли розумова діяльність студентів вже є значною мірою керованою з боку викладача. Однак активність зберігається завдяки тому, що хоч студенти дещо розслаблюються після напруженого читання, але змінюється форма заняття, коли лектор привертає увагу до вже опрацьованих студентами питань і лекція може набути діалогового характеру.

Слід відмітити, що описані способи проведення лекційних занять добре сприймаються студентами. При цьому є гарантія опрацювання навчального матеріалу і забезпечується підвищення ефективності сприйняття на 20% порівняно з традиційними лекціями. Ефективність занять висока як для порівняно нескладних, так і для важких лекцій, однак матеріал неважких лекцій ефективно сприймається при будь-якій формі проведення занять.

Питання про те, чи всі лекційні заняття доцільно проводити описаним способом – це питання вибору викладача і студентів. Цілком допустимо, коли такі заняття проводяться за певними темами, а інші – традиційним способом.

Висновок. Нами описані два варіанти інтерактивної лекції, тобто такого лекційного заняття, коли обидві сторони навчального процесу – лектор і студенти – знаходяться у стані активної взаємодії, що дає можливість залучити студентів до самостійної розумової діяльності під час самого лекційного заняття, а також забезпечує можливість подальшої самостійної роботи над повноцінними конспектами. Особливістю цих занять є те, що вони не вимагають якихось спеціальних організаційних заходів, змін у тематичних планах, розкладі занять тощо і їх проведення цілком залежить від викладача. Єдина необхідна умова – це можливість доступу кожного студента до комп'ютера і роздруковки тексту лекції.

Описані способи організації лекційних занять були апробовані на заняттях з фізики і результати виявились позитивними. Можна висловити впевненість, що таким способом можна проводити заняття з будь-яких технічних дисциплін, а також з гуманітарних дисциплін. На лекціях з гуманітарних дисциплін, можливо, доцільно другу годину заняття проводити у формі діалогу між викладачем і студентами. Звісно, що це вимагає спеціальних

досліджень.

Література:

1. Шаталов В.Ф. Точка опоры. – М.: Педагогика, 1987. – 160 с.

2. Амонашвили Ш.А., Лысенкова С.Н., Волков И.Т., Шаталов В.Ф. и др. Педагогический поиск. – М.: Педагогика, 1987. – С. 144.

3. Марквардт К.Г. Психология обучения в вузе // Вестник высшей школы. – 1986. – №3. – С. 7-14.

4. Штокман И.Т. Вузовская лекция. – К.: Вища школа, 1981. – С. 150.

5. Талызина Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний. – 2-е изд. – М.: МГУ, 1984. – С. 344.

6. Костенко И.Д. Аудиторная самостоятельная работа с учебным текстом // Высшее образование в России. – 1995. – №1. – С. 101-107.

7. Сусь Б.А., Павелко Т.М. Діяльнісний метод як спосіб активного залучення студентів до творчої роботи в процесі навчання // Вісник НТУУ “КПІ”: Філософія. Психологія. Педагогіка. – 2004. – № 2(11). – С. 207-210.

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ЗА МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ НАВЧАННЯ

В.В. Куліш[α], О.Я. Кузнєцова[β]
м. Київ, Національний авіаційний університет
[α] kulish2001@ukr.net
[β] elena2055@ukr.net

Як відомо, вища школа України сьогодні переживає чергову "революційну ситуацію" – масовий перехід до так званої кредитно-модульної системи (КМС) організації навчального процесу. Остання, як відомо, включає в себе два ключових елементи. А саме, спеціальну (кредитно-модульну) схему організації навчального процесу на рівні вузу та, відповідно, набір характерних модульно-рейтингових навчальних технологій (МРНТ), які дозволяють адекватно узгодити вимоги КСМ із реаліями життя на рівні стандартної кафедри українського ВНЗ.

Далі зазначимо, що якщо етап формального впровадження КМС, хоч і з відомими труднощами, але все ж таки пройшов більш-менш успішно, то із реальним впровадженням МРНТ в навчальну аудиторію немало (якщо не більшість) вузів України отримало ряд достатньо болючих проблем. І, перш за все, через концептуальну неопрацьованість самої КМС у частині, що, за логікою, повинна була б давати прості і ясні інструкції щодо того, як же практично і технологічно пересадити доволі абстрактні західноєвропейські "болонські ідеї" на суттєво відмінний український навчальний ґрунт. Як і належить у подібних ситуаціях, основний тягар вирішення вказаних проблем ліг на найнижчу організаційно-навчальну вузівську ланку – кафедру. Бо саме перед нею, в найпершу чергу, і постало практично вирішення нелегкого завдання: як не тільки не допустити можливої дезорганізації навчального процесу при такому переході, а більш того, максимально використовуючи увесь позитивний потенціал самої КСМ, домогтися кардинального перелому справ на краще. А те, що КСМ, в своїй основі, дійсно містить такий потенціал, було доволі наочно продемонстровано на практиці (див., наприклад, [1–5]).

Навчально-методична робота саме такого напрямку і проводилась протягом останніх років в Національному авіаційному університеті при викладанні курсу фізики. Головну увагу, при цьому, було приділено, перш за все, розробці і впровадженню нових форм організації та технологій ведення навчального процесу на рівні кафедри в умовах КМС. На даному шляху було розроблено відповідний універсальний навчально-методичного комплекс робочих матеріалів "Фізика для інженерних спеціальностей. Кредитно-модульна система" [1; 2]. Подальша робота тут проводилась у напрямку вдосконалення як самого комплексу, так і методичних схем його практичного застосування. Деякий досвід отриманий при цьому і став головним

предметом обговорення у даній статті.

Характерною особливістю комплексу є те, що у ньому детально описано базові засади як КМС, у цілому, так і запропонованої нами модульно-рейтингової технології, зокрема. Тут, у тому числі, наведено приклади спеціальних (“рейтингових”) форм ведення журналу викладача, робочої помодульної плануючої документації, приклади контрольних поточних (предметно-елементних) та модульних завдань і т.д. та описано методичні особливості їх використання. Говорячи про запропоновану модульно-рейтингову технологію у цілому, можемо констатувати, що:

– *головною метою* її практичного впровадження є адаптація існуючої на сьогодні системи навчання до специфічних умов кредитно-модульної системи;

– *основний зміст* навчального процесу у даному випадку полягає у розвитку необхідних навичок, потрібних для реалізації однієї із фундаментальних концепцій Болонського процесу – “*навчання продовж усього життя*”;

– *базовою формою* навчання у випадку модульно-рейтингових технологій даного типу являється *самостійна* (тобто позааудиторна) робота студента під “аудиторним” (у формі консультацій і контролів) керівництвом викладача;

– *основним методом* є використання спеціальних консультаційно-контрольних рейтингових навчальних технологій проведення практичних та лабораторних занять;

– *головним засобом* досягнення поставлених цілей є спеціально розроблена комбінація поточного (мікромодульного) та модульного контролів знань студентів.

Відповідно, *головною ідеєю комплексу* є практична матеріалізація вище перерахованих концептуальних засад. У цьому зв’язку, комплекс побудовано таким чином, щоб в процесі роботи за даною технологією студент мав увесь набір мінімально-необхідних матеріалів для своєї повноцінної самостійної роботи. (Остання, як відомо, є одним з головних “стовпів” усієї “болонської” ідеології, оскільки дозволяє сформувати необхідні навички для реалізації ключового гасла: “*навчання продовж усього життя*”).

Увесь матеріал комплексу розбито по навчальних модулях. Причому, для кожного модуля подано мінімально необхідний лекційний матеріал (теоретичне ядро, де вказано, яка його частина призначена для аудиторного вивчення, а яка – для самостійної роботи), розміщено повноцінні задачники з текстами задач за темами кожного предметного елементу та з прикладами вирішення, списки тестових запитань для поточного (предметно-елементного) і модульного контролів, описи реальних та віртуальних лабораторних робіт, тощо. Як показала практика, це в значній мірі сприяє більш раціональній організації самостійної роботи студента, позбавляючи його необхідності витрачати зайві час і енергію на “добування” потрібної навчально-методичної літератури.

За задумом, в основу даного (першого видання) комплексу було закладено ідею про те, що він у рівній мірі може бути корисним не тільки студентам, так і самим викладачам. Перш за все тому, що далеко не всі з них на той момент ясно розуміли як базові засади самої КМС, так і технічні особливості практичного застосування модульно-рейтингових технологій в аудиторії. Забігаючи вперед скажемо, що, на наш погляд, така незвична компоновка навчального посібника себе оправдала – при широкому впровадженні у навчальний процес КМС викладачі мали достатньо ясні професійні орієнтири, що значно полегшило і спростило неминучий перехідний процес. З іншого боку, тим самим було забезпечено ефективний зворотній зв'язок. Як наслідок, автори отримали багато цінних зауважень не тільки щодо численних друкарських помилок та дрібних неточностей, але і ряд цікавих рекомендацій, які без сумніву будуть враховані у наступному виданні комплексу.

Практичний досвід використання комплексу протягом останнього навчального року дозволив зробити певні висновки, які автори мають намір врахувати при підготовці наступного видання:

1. Найбільш доцільною схемою розбивки матеріалу за модулями виявилась схема "один семестр – два модулі". При такому варіанти співвідношення витрат аудиторного часу на проведення контролю (який би міг бути використаним для проведення поточних занять), з одного боку, і існуючої загальної кількості аудиторних занять на тиждень, з другого боку, виявляється оптимальним.
2. Подані у комплексі задачники повинні бути суттєво розширеними, особливо в частині поданих прикладів з детальними описами ходу розв'язання задач.
3. Сам комплекс повинен бути доповнено набором так званих "лабораторних зошитів", ідею яких ми обговоримо дещо далі у даній статті.

Стало також очевидно, що пануюча на сьогодні традиційна схема проведення лабораторного практикуму знаходиться у певному методичному дисонансі із усім духом КМС, загалом, і модульно-рейтингової технології, зокрема. У зв'язку із сказаним вона вимагає відповідної адекватної модернізації як в плані методики, так і в плані організації навчального заняття. Але дозвольте про це більш детально.

Перш за все, зазначимо, що проблема "болонізації" лабораторного практикуму в рамках КМС умовно може бути розбита на дві, більш часткові. Перша з них носить яскраво виражений штучний характер і пов'язана з політикою МОНУ щодо ролі курсу фізики при формуванні майбутніх інженерів, яка традиційно проводилась протягом останніх п'ятнадцяти років. Ми маємо на увазі, перш за все, систематичне скорочення навчальних годин на проведення практичних занять. Останніми роками цей процес нарешті досяг свого апогею педагогічного абсурду, коли практика, як форма навчального процесу, взагалі зникла із навчальних планів деяких інженерних спеціаль-

ностей. Це, відповідно, породжує надзвичайно важку методично-організаційну проблему. А саме, абсолютно неясно, як у таких умовах і далі забезпечувати формування у студентів необхідних навичок розв'язання задач? Як відомо, вказані навички є одними із ключових для майбутнього інженера і саму необхідність їх формування у подальшому ніхто поки що формально не відміняв. Крім того, такий підхід входить в очевидне протиріччя як із духом, так і основними завданнями Болонського процесу, у цілому, та КМС, зокрема. Відразу скажемо, що іншого повноцінного вирішення даної проблеми, як повернення цих навчальних годин у діючі сьогодні навчальні плани, в природі не існує. Але відновлення нормального стану з плануванням у цій ділянці – це питання часу і, як життєвий досвід підказує, що, не виключено, доволі тривалого. Отже, тут, у свою чергу, постає інше риторичне запитання: якщо ми реально не в змозі вирішити проблему "природнім" шляхом, то чи можемо ми хоча би якось пом'якшити її руйнівний вплив на долі вітчизняної інженерної освіти? (Нагадаємо, що згідно з останніми експертними рейтинговими оцінками Світового банку сьогоднішній рівень української вищої школи досяг аж … рівня Уганди!) Наприклад, шляхом певної модернізації методичних схем проведення лабораторних занять. Отриманий практичний досвід останніх років показав, що така реальна можливість, в принципі, існує.

Формальну відсутність аудиторних годин на практичні заняття ми трактуємо як *перенос цього виду навчальних занять з аудиторної на позааудиторну форму вивчення*. Але при такій постановці питання, що очевидно, виникає проблема організації контролю ефективності даного виду самостійної роботи студента. А такий контроль, згідно з базовими нормативними документами, що регламентують навчальний процес у вузах України, може проводитись тільки аудиторно. То ж пропонується наступний варіант вирішення поставленої проблеми. А саме, оскільки, у даній ситуації, лабораторний практикум виявляється єдиною придатною для цього формою аудиторних занять, то вказаний вище вид контролю введено в схему його проведення як обов'язковий методичний елемент. Як наслідок, методика проведення такого "модернізованого" лабораторного заняття містить такі ключові складові:

– поточний (мікромодульний) письмовий контроль теоретичного матеріалу та захист загальних задач (теоретична частина заняття);

– опитування студентів щодо їх підготовленості до виконання експериментальної частини лабораторної роботи;

– виконання самої експериментальної частини;

– захист отриманих експериментальних результатів.

Таким чином, протягом лабораторного заняття кожен студент отримує три поточних оцінки, які надалі враховуються як складові поточної частини його загальної модульної рейтингової оцінки (схеми розрахунку останніх детально описано в [1; 2]).

Друга із вище сформульованих проблем, на відміну від першої, носить "чисто природний" характер. Тобто такий, що витікає із самої природи Болонського процесу і КМС. Мова, перш за все, йде про зміну деяких ключових методичних акцентів при проведенні самого лабораторного заняття.

Нагадаємо, що традиційно головним завданням лабораторного заняття вважалося формування у майбутнього інженера елементарних експериментальних навичок (робота з обладнанням, підготовка протоколу експерименту, обробка та аналіз експериментальних даних). Відповідно до вказаних завдань і формується традиційний бюджет розподілу аудиторного часу між різними частинами лабораторного заняття. Далі зазначимо, що перехід до КМС і, відповідно, до модульно-рейтингових технологій поставив ще одне завдання. А саме, мова йде про вже вище згадуване завдання проведення додаткового *поглибленого* контролю самостійно опрацьованого вдома студентом теоретичного матеріалу. Відповідно, постає природне запитання: а де ж знайти для цього час впродовж заняття, традиційний сценарій якого вже давно і надійно усталився? Детальний аналіз показав, що єдине місце, за рахунок якого це реально можна зробити, так це зекономити час на письмовому оформленні студентами протоколів лабораторної роботи. Технологічно поставлене методичне завдання вирішено наступним чином. А саме, в рамках нової навчальної технології кожний студент отримує на початку семестру так званий "лабораторний зошит", у якому містяться проекти (заготовки) майбутніх протоколів лабораторних робіт (приклад такої заготовки протоколу подано далі в додатку до даної статті). Зошит являє собою виконану типографським способом заготовку для протоколу лабораторної роботи [6–8]. У процесі виконання роботи студент заповняє таку заготовку отриманими експериментальними даними, результатами розрахунків та формулюваннями зроблених висновків. На захист, таким чином, він вже подає заповнений необхідним чином повноцінний протокол лабораторної роботи.

На перший погляд, запропоновану методичну схему можна розцінити як доволі дискусійну. Дійсно, порушено одну із традиційних парадигм лабораторного практикуму – у студента "відібрано законне право" самому своєю рукою творити протокол роботи, що, здавалось би, повинно привести до значних втрат у справі формування необхідних практичних навичок. В дійсності ж, детальний аналіз реальної методичної ситуації показав, що в існуючих реаліях сьогоднішнього дня це далеко не так. Перш за все тому, при сьогоднішній кількості студентів в підгрупі 15–16 осіб і бюджеті аудиторного часу одна година на тиждень, реально сформувати такі навички вже давно не вдається (це вдавалось лише у ті легендарні часи, коли на лабораторний практикум, згідно з планом, відводилось вдвічі більше навчальних годин). З іншого боку, наявність вже готових "заготовок" протоколів дає прекрасний зразок для того, щоб сформувати такі ж навички, але іншим шляхом (використовуючи досконалий зразок, показати студентові, "як це робиться по-справжньому"). Паралельно одночасно досягається ще кілька

“побічних” педагогічних результатів. У тому числі:

- стає більш раціональним і упорядкованим сам процес підготовки студента до лабораторного практикуму (оскільки у заготовці протоколу багато більш чітко, ніж у традиційному випадку “рукописного” його варіанту);
- значно скорочуються непродуктивні витрати часу на оформлення протоколів під час заняття, що, власне, і дозволяє, згідно з задумом, провести контрольне та тестові опитування багато глибше, причому, як при допуску до лабораторної роботи, так і при її захисті;
- формуються первинні навички до охайності при роботі з таким елементарним зразком інженерно-дослідницької документації, яким являється комплект добре оформлених протоколів лабораторних робіт.

На думку авторів, методичні переваги від введення вище згаданого “Лабораторного зошита”, над можливими втратами на практиці виявились багато вагомішими за гіпотетичні втрати. Головним чином тому, що при цьому реально підвищились як рівень знань, так і загальний рівень успішності (що, на жаль, у нашому викладацькому житті далеко не завжди виявляється тотожним).

На завершення підкреслимо, що як сама концепція зошита, так і методика його практичного застосування, задумані, перш за все, як додаток до вище обговорюваного комплексу [1; 2].

Література:

1. Куліш В.В., Соловйов А.М., Кузнєцова О.Я., Кулішенко В.М. Фізика для інженерних спеціальностей. Кредитно-модульна система: Навч. посібник. – У 2 ч. Ч. 1. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2004. – 456 с.

2. Куліш В.В., Соловйов А.М., Кузнєцова О.Я., Кулішенко В.М. Фізика для інженерних спеціальностей. Кредитно-модульна система: Навч. посібник. – У 2 ч. Ч. 2. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 380 с.

3. Куліш В.В., Кулішенко В.М., Кузнєцова О.Я., Пастушенко С.М. Досвід застосування модульно-рейтингової системи в курсі фізики для інженерних спеціальностей // Вісник Національного авіаційного університету. – 2003. – №1. – С. 151-159.

4. Куліш В.В., Кулішенко В.М., Кузнєцова О.Я., Пастушенко С.М. Досвід використання рейтингово-модульної системи у курсі фізики в технічному університеті // Сучасні тенденції розвитку природничо-математичної освіти: Матеріали Міжнародної конференції. – Херсон: ХДПУ, 2002. – С. 69-75.

5. 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: Матеріали Міжнародної конференції. – Кривий Ріг, 2004. – С. 244-252.

6. Куліш В.В., Кузнєцова О.Я., Білоус О.І. Лабораторний зошит з фізики для студентів заочної форми навчання: Практикум. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. – 48 с.

7. Куліш В.В., Кузнєцова О.Я., Білоус О.І., Губанов І.В. Лабораторний зошит з фізики для студентів МЕФ, ФЛА, ФУТ, ФЕБ: Практикум. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2006. – 68 с.

8. Куліш В.В., Кузнєцова О.Я., Білоус О.І., Нетреба Ж.М. Лабораторний зошит з фізики для студентів МЕФ, ФЛА, ФУТ, ФЕБ: Практикум. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2006. – 84 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № Е-2
ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СПІРАЛІ ЛАМПИ РОЗЖАРЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ОПТИЧНОГО ПІРОМЕТРА ІЗ ЗНИКАЮЧОЮ НИТКОЮ

Мета роботи: вивчити закони теплового випромінювання та метод вимірювання температури розжарених тіл за допомогою оптичного пірометра із зникаючою ниткою.

Прилади та обладнання: оптичний пірометр із зникаючою ниткою, реостат, лампа розжарювання, вольтметр, амперметр, регулятор напруги (ЛАТР).

Завдання 1. Виміряти температуру вольфрамової нитки за допомогою яскравісного пірометра із зникаючою ниткою.

1.1. Встановити по черзі напругу на лампі розжарювання 100 В, 110 В, 120 В, 130 В і 140 В.

1.2. При кожному значенні напруги досягти зникнення дуги нитки еталонної лампи пірометра. Записати покази амперметра, який з'єднано з лампою пірометра. Результати занести до табл. 2.2.

1.3. Визначити яскравісну температуру $t_я$ за табл. 2.3 відповідно до показів амперметра.

1.4. Обчислити похибку вимірювань яскравісної температури для напруги U = 120 В за формулами:

– Розрахувати середнє значення яскравісної температури:

$$T_{ясер} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{яі}}{n}$$

де n – кількість вимірювань (n = 3).

– Визначити відхилення кожного значення від середнього:

$$\Delta\overline{T}_1 = T_{ясер} - T_{я1} = _____,$$

$$\Delta\overline{T}_2 = T_{ясер} - T_{я2} = _____,$$

$$\Delta\overline{T}_3 = T_{ясер} - T_{я3} = _____.$$

– Коефіцієнт Стьюдента t = 4,3 для надійної імовірності α = 0,95.

– Абсолютна похибка вимірювань яскравісної температури:

$$\Delta T_я = S_n \cdot t$$

– Відносна похибка вимірювань яскравісної температури:

$$\varepsilon = \frac{\Delta T_я}{T_{ясер}} \cdot 100\,\%$$

– Результати вимірювань записати у вигляді:

$$T_я = (T_{ясер} \pm \Delta T_я)\ \text{К}$$

і занести до табл.2.2.

Таблиця 2.2

Напруга на лампі розжарювання, U, В	Сила струму, I, А	Номер вимірювання	Покази амперметра, який з'єднано з лампою пірометра, мкА	Яскравісна температура		Середнє значення яскравісної температури $T_{яср}$, К	Абсолютна похибка $\Delta T_я$, К	Відносна похибка ε, %
				$t_я$, °С	$T_я$, К			
100		1						
		2						
		3						
110		1						
		2						
		3						
120		1						
		2						
		3						
130		1						
		2						
		3						
140		1						
		2						
		3						

Завдання 2. Розрахувати дійсну температуру нитки лампи розжарювання.

2.1. За даними табл. 2.1 на міліметровому папері побудувати графік залежності $a_{\lambda T}$ від температури вольфрамової нитки.

2.2. Із цього графіка визначити коефіцієнт $a_{\lambda T}$ для кожного значення виміряної яскравісної температури і занести до табл. 2.4.

2.3. Для кожної виміряної яскравісної температури $T_я$ визначити значення

дійсної температури $T_д$ за формулою:

$$T_д = \frac{T_я}{1 + \frac{k\lambda}{2\pi\hbar c} T_я \ln a_{\lambda,T}}.$$

Результати занести до табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Напруга на лампі розжарювання, В	Середнє значення яскравісної температури $T_{яср}$, К	Коефіцієнт $a_{\lambda T}$	Кімнатна температура T_0, К	Дійсна температура $T_д$, К
100				
110				
120				
130				
140				

Завдання 3. Визначення сталої Стефана-Больцмана.

3.1. За даними табл. 2.2 та 2.4 для кожного вимірювання визначити втрати енергії ω вольфрамовою ниткою за формулою:

$$\varpi = \frac{IU}{S}.$$

Результати записати до табл.2.5.

Таблиця 2.5

Площа випромінюючої поверхні нитки лампи розжарювання S, м^2	Коефіцієнт a_T	Втрати енергії вольфрамовою ниткою ω, Вт/м^2	Стала Стефана- Больцмана σ, Вт/(м$^2\cdot$К^4)	Середнє значення сталої Стефана-Больцмана $\sigma_{сер}$, Вт/(м$^2\cdot$К^4)	Відхилення виміряного значення від теоретичного Δ
	0,85				

3.2. Для кожного вимірювання визначити сталу Стефана-Больцмана за формулою:

$$\sigma = \frac{\varpi}{a_T\left(T_Д^4 - T_0^4\right)}.$$

3.3. Знайти середнє значення $\sigma_{сер}$ та занести до табл. 2.5.

3.4. Визначити відхилення виміряного значення сталої Стефана-Больцмана від табличного:

$$\Delta = \frac{\left|\sigma_{сер} - \sigma_T\right|}{\sigma_T} \cdot 100\,\%.$$

Результат занести до табл. 2.5.

Завдання 4. Перевірка закону Стефана-Больцмана.

4.1. Розраховані для кожного вимірювання значення lg ω та lg *T* записати до табл. 2.6.

Таблиця 2.6

lg ω	lg *T*	4 lg *T*	tg α

4.2. На міліметровому папері побудувати графік, відкладаючи на осі абсцис 4 lg *T,* а по осі ординат lg ω.

4.3. За графіком визначити тангенс кута нахилу прямої до осі абсцис.

4.4. Зробити висновки про підтвердження закону Стефана-Больцмана.

Висновки по роботі:

_____

_____

_____
_____
_____
_____

Оцінка за допуск до роботи _____ Підпис викладача _____

Дата виконання роботи _____
Оцінка за захист роботи _____ Підпис викладача _____

Запитання
для допуску та захисту лабораторної роботи
та поточного мікромодульного контролю

1. Що таке теплове випромінювання?
2. Назвіть енергетичні характеристики теплового випромінювання.
3. Сформулюйте закон Кірхгофа для теплового випромінювання.
4. Яке тіло називається абсолютно чорним?
5. Сформулюйте закони теплового випромінювання абсолютно чорного тіла.
6. Яка теорія теплового випромінювання? У чому суть гіпотези Планка?
7. У чому принципова відмінність квантової теорії світла від класичної хвильової теорії?
8. Що означає термін “фіолетова катастрофа”?
9. Записати формулу Планка для теплового випромінювання.
10. Накресліть графік функції $f(\lambda, T)$. Який хід кривою $f(\lambda, T)$ при збільшенні температури тіла?
11. Які типи пірометрів ви знаєте? Розкажіть про принцип їхньої роботи.
12. Намалюйте принципову схему яскравісного пірометра із зникаючою ниткою.
13. Що таке яскравісна температура $T_я$ і який її зв’язок з дійсною температурою $T_д$?
14. У чому полягає метод експериментального визначення сталої Стефана-Больцмана? Яке її теоретичне значення?

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ С ПОСТЕПЕННЫМ НАРАСТАНИЕМ СЛОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМНОСТИ

Л.Г. Сергиенко
г. Красноармейск, Красноармейский индустриальный институт
Донецкого национального технического университета
Nikolay_work@rambler.ru

Изучение курса общей физики является одним из важнейших элементов подготовки высоко квалифицированного специалиста, способствует развитию творческого мышления, повышению общенаучного уровня и выработки навыков исследования прикладных вопросов в области будущей профессии.

Как сделать так, чтобы теоретические знания, получаемые студентом по общей физике в вузе, не существовали сами по себе, а максимально полно использовались им в его практической деятельности? Если до недавнего времени эта цель относительно успешно достигалась средствами традиционной дидактики, то сейчас ее реализация становится с каждым годом все труднее. Мы подошли к такому рубежу, когда количество информации по физике стало столь огромным, что она не может быть усвоена за относительно короткий срок обучения (особенно в техническом вузе), если ее не упорядочить на принципиально новой основе. Такой основой может быть управление самостоятельной работой студентов, особенно заочных форм обучения, которая является одним из путей интенсификации учебного труда и повышения качества их подготовки, что является актуальным особенно сейчас, когда Украина подписала Болонскую декларацию.

Особенностью изучения курса физики на заочных факультетах технических вузов является значительное сокращение программного материала, отводимого на лекционные, практические и лабораторные занятия по сравнению с дневной формой обучения, а также теоретическая отдаленность некоторых физических вопросов.

Предметом нашего исследования явились методы и средства интенсификации процесса обучения самостоятельной работе, способы и приемы, необходимые для этого.

Исследования специалистов по дидактике, психологов, представителей частных методик (П.Я. Гальперин, Н.Ф. Талызина, И.Я. Лернер, Н.И. Менчинская, П.И. Пидкасистый и др.) убеждают, что важнейшим условием успешного повышения качества учебного процесса в вузе является целенаправленное и специально организованное развитие познавательной самостоятельности студентов как на аудиторных занятиях, так и во внеучебное время. Но в практике обучения не всегда еще по достоинству оценивается

тот факт, что высокий уровень познавательной самостоятельности студентов оказывает самое благотворное воздействие на весь ход их профессиональной подготовки.

Для совершенствования организации и методического обеспечения самостоятельной работы студентов заочной формы обучения методика составления и содержания заданий должна отвечать следующим требованиям:

1. Задания должны быть дифференцированными, т.к. исходный уровень знаний, умений и навыков, теоретическая готовность к выполнению различных видов работ, а также опыт самостоятельной деятельности у разных студентов различен.

2. Задания должны учитывать различный уровень умений и навыков творческого применения, усвоенных знаний в различных внутри предметных, межпредметных, прикладных и профессиональных ситуациях.

3. В заданиях должны найти свое отражение основные идеи развивающегося обучения.

В результате проведенных исследований мы пришли к выводу о необходимости включать в задания для самостоятельной работы студентов следующие типы общеизвестных в дидактике заданий: воспроизводящие, по образцу, реконструктивно-вариативные, частично-поисковые и исследовательские, но имеющие некоторые специфические особенности.

При решении воспроизводящих задач познавательная деятельность студента протекает в форме простого воспроизведения знаний: студент вспоминает или отыскивает в учебнике (конспекте) необходимую формулу (уравнение, закон), выражающую сущность явления, устанавливает физический смысл входящих в нее величин, подставляет их числовые значения и производит вычисления. Задачи этого типа создают для студентов предпосылки для узнавания, осмысливания и запоминания тех или иных положений изучаемого явления, способствуют накоплению опорных знаний, отдельных фактов и способов деятельности.

Ко второму типу задач, решаемых по образцу, относятся задачи, решение которых может быть организовано по известным образцам или в виде определенной, заранее известной последовательности действий (алгоритма). Уровень познавательной самостоятельности в деятельности студентов при выполнении этих заданий проявляется в подведении нового факта, явления, образца или способа деятельности под уже известные. Содействуя накоплению у студента опорных знаний, умений и навыков, их прочному усвоению, эти работы создают необходимые условия для перехода к выполнению заданий более высокого уровня самостоятельности.

Для решения реконструктивно-вариантных задач студент должен не только хорошо знать физические законы, описывающие рассматриваемое явление (или совокупность явлений), но и уметь реконструировать, преобразовывать, приспосабливать к новым ситуациям и т.д. Эти задания нацелены на выработку у студента умений и навыков комбинирования и преобра-

зования ранее известных способов деятельности для решения новых проблем, умение комбинировать и преобразовывать новые и традиционные способы деятельности для решения новых проблем, умения комбинировать и преобразовывать новые и традиционные способы деятельности для решения традиционных проблем, используя при этом различные вариации и подходы. Все это способствует формированию у студентов таких черт, которые составляют основу творческой деятельности будущего специалиста. Выполняя задания этого типа, студенты учатся перестраивать и комбинировать ранее известные знания и умения для выполнения нового задания, анализировать различные пути его выполнения и выбирать наиболее рациональные. Познавательная деятельность студента при выполнении заданий реконструктивно-вариативного типа совершается в основном в пределах ранее усвоенных знаний, умений и навыков, которые позволяют получить дополнительную информацию о сфере их применения.

К заданиям частично-поискового типа относятся задачи с недостающими или избыточными начальными данными, такие, у которых не полностью определены начальные условия, допускающие различные вариации и требующие доработки. Студент сам дополняет, отыскивает недостающие данные, окончательно формирует условие задачи и намечает пути ее решения. Примером заданий такого типа могут служить следующие:

1. Составить и решить задачу на определение минимального угла наклона транспортерной ленты, при котором уголь не ссыпался бы.

2. Каков должен быть уклон бремсберга, что бы одна груженная вагонетка массой M могла поднять не менее N порожних вагонеток массой m. Коэффициент трения μ, M, m и N взять для конкретных условий конкретной шахты.

Сущность этих заданий заключается в том, что преподаватель, как правило, или дает план-программу решения проблемы, или корректирует движение студента к ее решению, или строит аналогичную проблему с меньшим полем поиска, или делит проблему на две или несколько подпроблем, дающих в совокупности решения основной проблемы, и, таким образом, студент частично решает проблему. Познавательная деятельность студента при решении заданий этого типа осуществляется под руководством преподавателя и протекает в сфере совершенствования уже освоенных знаний и умений, а также поиска и усвоения новых заданий; происходит дальнейшее обобщение и систематизация знаний, создаются предпосылки к формированию у студента творческой самостоятельности и переходу на высший уровень самостоятельной деятельности – исследовательский.

Обязательным элементом подготовки современных специалистов является вовлечение студентов в научно-исследовательскую работу. В связи с рядом объективных причин мы пока еще не в состоянии привлечь всех студентов, особенно заочного факультета, к активному участию в работе в системе УИРС и НИРС, но учить элементам исследовательской деятельности

мы обязаны всех. Поэтому, в качестве исследовательских заданий мы даем студентам не только такие, как, например, «Изучить влияние метана на показатель преломления воздуха», но и такие, как «Вывести зависимость показателя преломления воздуха от давления», т.е. задания на вывод формул и доказательство теорем, на обоснование каких-либо положений теории, задачи повышенной трудности, выходящие за пределы программы и т.п.

Такие задания для самостоятельной работы студентов должны быть составлены по всем основным темам курса физики.

Практика нашей работы показала, что методика применения системы заданий с постепенным нарастанием сложности и проблемности является перспективной, выполняет не только образовательные, но и развивающие функции, повышающие качество подготовки будущих инженеров.

Литература:

1. Гарунов М.Г. , Пидкасистый П.И. Самостоятельная работа студентов. – М.: Знание, 1978. – 35 с.

2. Лернер И.Я. Проблемное обучение. – М.: Знание, 1981.

3. Атанов Г.А. Проблемный характер как методическое обоснование учебного процесса. – Донецк: ДонГУ, 1990. – 227 с.

ТЕСТОВИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ З ОПТИКИ В УМОВАХ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Г.В. Журба, В.М. Кадченко
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

У сучасному світі, який ввійшов у третє тисячоліття, розвиток України визначається в загальному контексті європейської інтеграції з орієнтацією на фундаментальні цінності західної культури: парламентаризм, права людини, права національних меншин, лібералізацію, свободу пересування, свободу отримання освіти будь-якого рівня та інше, що є невід'ємним атрибутом громадянського демократичного суспільства.

Зважаючи на це, необхідність реформування системи вищої освіти України, її удосконалення і підвищення рівня якості є найважливішою соціокультурною проблемою, яка значною мірою зумовлюється процесами глобалізації та потребами формування позитивних умов для індивідуального розвитку людини, її соціалізації і самореалізації в цьому світі [3, 12].

Основними завданнями та принципами реформування системи вищої освіти України є створення зони Європейської вищої освіти (шість цілей Болонського процесу): введення двоциклового навчання; формування системи контролю якості освіти; розширення мобільності студентів і викладачів; забезпечення працевлаштування випускників; привабливості європейської системи освіти та впровадження кредитної системи навчання.

Задля створення наведеної моделі у вищій школі України має бути впроваджена кредитно-модульна система організації навчального процесу та система об'єктивного педагогічного контролю знань.

Впровадження кредитно-модульної системи є важливим фактором для стимулювання ефективної роботи викладача і студента, збільшення часу їх безпосереднього індивідуального спілкування в процесі навчання. Модулі конструюються як системи навчальних елементів, об'єднаних ознакою відповідності визначеному об'єкту професійної діяльності. Останній розглядається як деякий обсяг навчальної інформації, що має самостійну логічну структуру і зміст, що дає змогу оперувати цією інформацією в процесі розумової діяльності студента.

Модульна організація змісту навчальної дисципліни – це не механічне перенесення розділів програми до навчальних модулів, а глибока аналітико-логічна робота над змістовим наповненням дисципліни, структурування її як системи, а не довільного конгломерату наукової інформації.

Другою умовою реалізації модульного принципу організації змісту навчальної дисципліни є можливість виділити генеральні наскрізні ідеї професійної діяльності, на розкриття і засвоєння яких спрямований кожний модуль.

Для студента – майбутнього фахівця – важливо не лише осмислити й засвоїти інформацію, а й оволодіти способами її практичного застосування та прийняття рішень.

За таких умов зменшується частка прямого, зовні заданого інформування і розширюється застосування інтерактивних форм і методів роботи студентів під керівництвом викладача (тьютора) та повноцінної самостійної роботи в лабораторіях, читальних залах, на об'єктах майбутньої професійної діяльності.

Створення системи кредитів має полегшити порівняння закінчених курсів і сприяти максимальному розширенню мобільності студентів.

Кредит – умовна одиниця виміру навчального навантаження студента при вивченні якоїсь складової навчальної програми чи певної дисципліни (курсу), виконаної студентом під час навчання. Кредит – мінімальна одиниця, яка точно документується, часто означає навчання впродовж тижня (суми аудиторної і самостійної роботи студента).

Критерії для оцінки результатів роботи студента в кредитно-модульній організації навчального-процесу повинні бути виражені так, щоб оцінка роботи студента могла бути зіставлена з ними і документально віддзеркалена. Критерії оцінки якості треба чітко встановити, щоб забезпечити надійність і однаковість оцінки, а також, щоб підвищити об'єктивність оцінки для зведення до мінімуму суб'єктивного підходу.

Оцінка результатів роботи студента – це процес [2, 3]:

– збору достатніх, об'єктивних і надійних доказів знань студента, його розуміння, продемонстрованих навичок і професіоналізму щодо виконання завдань, обов'язків і відповідальності;

– винесення висновку про те, що доказ співвідноситься з критеріями, вказаними в стандарті вищої освіти.

Організація оцінки результатів навчання повинна брати до уваги різні методи оцінки, що можуть надати різні типи доказів рівня знань студента [3, 17]:

– письмові, усні і комп'ютерні опитування (тестування);

– перевірка навичок (зокрема на тренажерах);

– проекти;

– безпосереднє спостереження за діяльністю.

Нові концепції освітнього процесу у вищій школі відзначають тенденції розвитку вимірювання навчальних досягнень студентів за допомогою тестів. На структуру та кількість тестів, які проводяться, впливає акцент на зв'язках між предметами, що вивчаються. Об'єкт тестування – компетенції, що потрібні випускникові системи вищої освіти. Традиційно тести виконують відбірну функцію. Але останнім часом тести використовують для цілей:

– діагностичних, щоб дати студенту можливість з'ясувати, що йому ще потрібно вивчити та доопрацювати;

– управлінських, тобто задля керівництва подальшим процесом на-

вчання та стимулювання.

Тестовий метод контролю набув значного розвитку і впровадження майже в усі сфери діяльності людини в розвинутих країнах світу. Таке його поширення пояснюється тим, що на відміну від інших способів контролю, тестовий метод принципово здатен забезпечити стандартизацію змісту контролю, умов його проведення й процедури оцінювання результатів. Отже, він принципово може забезпечити об'єктивність, валідність і точність контролю результатів навчального процесу. Звичайно, унікальність та цінність тестового методу контролю знань була і залишається предметом дискусій педагогів і методистів, а забезпечення реальної об'єктивності, валідності та надійності тесту залежить від багатьох чинників і вимагає дотримання кількох спеціальних вимог. Незважаючи на це, велика практична цінність тестового методу не викликає сумнівів і красномовно підтверджується зарубіжною і вітчизняною практикою його застосування. В системах освіти багатьох країн, наприклад, поширені стандартизовані загальнонаціональні тести, тестування за якими набули характеру обов'язкових. Як метод вимірювання, тестування має також велике теоретичне значення, яке важко переоцінити для педагогічної науки, в якій дослідження часто ведуться на якісному рівні.

Серед переваг тестового методу оцінювання необхідно відмітити його оперативність, а також можливість одночасного масового контролю знань усього контингенту студентів. При цьому тестовий метод дозволяє звільнити викладача від участі в процедурах контролю і обробки результатів.

Термін «тестування» походить від англійського *test* – екзамен і використовується (як подає відомий французький енциклопедичний словник Larousse) для вимірювання або оцінювання природних і набутих здібностей з метою передбачення поведінки чи досягнень певної особи у визначених обставинах [1, 75]. За радянським енциклопедичним словником, для психології і педагогіки тест – це «стандартизовані завдання, за результатами яких роблять висновки про психофізіологічні й особистісні характеристики, а також знання, уміння і навички випробуваного» [4].

Класичні визначення тестування у психології підкреслюють:

– емпіричність оцінювання;

– визначення особистісних ознак і якостей через використання кількісних показників.

У педагогіці класичним і водночас досить повним вважають «критеріальне» визначення К. Інгекампа: «Тестування – це метод педагогічної діагностики, за допомогою якого вибір поведінки, що презентує передумови або результати навчального процесу, повинен максимально відповідати принципам зіставлення, об'єктивності, надійності та валідності вимірів. Він має пройти обробку й інтерпретацію і бути прийнятим для застосування в педагогічній практиці» [1, 75]. Тестування не можна розглядати як ідеальний метод, відкинувши на цій підставі всі інші. Хоча за належної попередньої

підготовки воно найкраще задовольняє основні методичні критерії якості, забезпечуючи прийнятну об'єктивність усіх трьох головних стадій процесу оцінювання – вимірювання, обробку даних та їхньої інтерпретації. Добре підготовлене тестування дає змогу задовольнити і критерії валідності. Оцінюються знання за обсягом і повнотою, системністю, узагальненням та мобільністю. Останні характеристики визначаються за допомогою тесту відповідної складності, а обсяг знань – через відповіді на певну кількість запитань.

Загальні особливості тестування як форми педагогічних вимірів наводяться в таблиці 1.

Таблиця 1.

Позитивні риси	Негативні риси
Досить висока об'єктивність процесу вимірів та інтерпретації результатів.	Необхідність ґрунтовної зміни психології виховання і навчання, перехід до вищого рівня змагальності та індивідуальності.
Можливість забезпечення стандартизації умов виміру.	Заміна підручників, розрахованих на усне опитування, новими, орієнтованими на тестові форми перевірки.
Можливість забезпечити валідність виміру, в першу чергу – валідність змісту.	Значні витрати часу на первинну підготовку матеріалів для проведення вимірів.
Достатня точність, яку можна підвищити зміною традиційної чотирибальної шкали на ширшу.	Необхідність подолання опору і комплексу упереджень прихильників старих методів педагогічних вимірювань
Незначні витрати часу на виміри у великих групах студентів.	Мала кількість фахівців з тестування в Україні, що додатково сповільнить процес переходу на сучасне тестування.
Легкість забезпечення тривалого збереження вимірів результатів і автоматизації їх обробки.	

Навчально-тематичний план загального курсу оптики наводиться в таблиці 2.

Таблиця 2

Навчально-тематичний план курсу

Тема	**Кількість годин на**				
	лекції	практичні заняття	самостійну роботу	лабораторні заняття	Всього
Змістовний модуль І. Вступ. Наука про світло					
Тема 1. Вступ. Історичний огляд розвитку вчення про світло.	2	2	2	-	6
Тема 2. Світло та його характеристики	4	6	2	4	16
Змістовний модуль ІІ. Інтерференція світла					

Тема	Кількість годин на				
	лекції	практичні заняття	самостійну роботу	лабораторні заняття	Всього
Тема 1. Інтерференція світлових хвиль. Когерентність	2	2	-	2	6
Тема 2. Двопроменева інтерференція та методи спостереження інтерференції в оптиці.	2	2	2	4	10
Тема 3. Багатопроменева інтерференція. Застосування інтерференції в науці і техніці.	2	2	4	2	10
Змістовний модуль III. Дифракція світла					
Тема 1. Явище дифракції, методи її розрахунку.	2	2	2	2	8
Тема 2. Дифракційні явища Френеля. Дифракція Фраунгофера.	2	2	2	-	6
Тема 3. Дифракційна решітка, дифракція рентгенівських променів.	2	4	2	4	12
Змістовний модуль IV. Поляризація світла					
Тема 1. Явище поляризації її види та закони Поляризатори і аналізатори.	4	4	2	2	12
Тема 2. Поляризаційні ефекти та прилади.	2	2	2	2	8
Змістовний модуль V. Геометрична оптика					
Тема 1. Основні поняття, принципи та закони геометричної оптики.	2	2	-	2	6
Тема 2. Дзеркала. Призми. Тонкі лінзи, побудова зображень	4	4	4	2	14
Тема 3. Оптичні прилади. Волоконна оптика	2	4	4	4	14
Змістовний модуль VI. Взаємодія світла з речовиною та оптика рухомих середовищ					
Тема 1. Електронна теорія дисперсії та поглинання світла.	2	2	-	2	6
Тема 2. Спектри випромінювання і поглинання. Спектрометри.	2	2	-	2	6
Тема 3. Розсіювання світла. Поняття про нелінійну оптику.	2	-	4	2	8
Тема 4. Швидкість світла. Методи вимірювання швидкості світла.	2	2	-	-	4
Тема 5. Експериментальні основи спеціальної теорії відносності.	2	-	2	-	4

Тема	Кількість годин на				
	лекції	практичні заняття	самостійну роботу	лабораторні заняття	Всього
Тема 6. Ефект Доплера в оптиці. Аберація світла.	2	2	2	-	6
Всього:	44	46	36	36	162

Зміст навчальної дисципліни розподіляється на змістовні модулі (6 за семестр). Змістовний модуль (розділ, підрозділ) навчальної дисципліни містить окремі модулі (теми) аудиторної і самостійної роботи студента, за які нараховується певна кількість балів. Крім того, кожен змістовний модуль або група модулів має бути оцінена, за допомогою системи тестових завдань.

Певної досконалості тестовий метод набуває у вигляді комп'ютерного тестового контролю результатів навчального процесу. Комп'ютерний тестовий контроль є важливою складовою нових інформаційних технологій навчання, які поступово і невідворотно втілюються в педагогічну практику і зараз є показником прогресу в ній. Тести в умовах кредитно-модульної організації навчання розглядаються як складова компонентів навчальної програми і мають повноцінне значення.

Розподіл балів при рейтинговій системі оцінювання наводиться в таблиці 3.

Таблиця 3

Розподіл балів при рейтинговій системі оцінювання

Модулі	Кількість балів за змістовний модуль	Теми	Виконання практичних завдань	Захист лабораторних робіт	Завдання для самостійної роботи
Змістовний модуль I	6	Тема 1	1	-	1
		Тема 2	2	2	-
Змістовний модуль II	8	Тема 1	1	1	-
		Тема 2	1	2	-
		Тема 3	1	1	1
Змістовний модуль III	7	Тема 1	1	1	-
		Тема 2	1	-	-
		Тема 3	1	2	1
Змістовний модуль IV	6	Тема 1	2	1	-
		Тема 2	1	1	1
Модульний контроль	Закони і явища хвильової оптики (система тестових завдань) – 25				
Змістовний модуль V	8	Тема 1	1	1	-
		Тема 2	1	1	-
		Тема 3	1	2	1

Модулі	Кількість балів за змістовний модуль	Теми	Виконання практичних завдань	Захист лабораторних робіт	Завдання для самостійної роботи
Модульний контроль	Геометрична оптика (система тестових завдань) – 15				
Змістовний модуль VI	10	Тема 1	1	1	-
		Тема 2	1	1	-
		Тема 3	-	1	1
		Тема 4	1	-	-
		Тема 5	-	-	1
		Тема 6	1	-	1
Модульний контроль	Взаємодія світла з речовиною. Фізика рухомих середовищ (система тестових завдань) – 15				
Всього	45	-	19	18	8
Загальна кількість балів – 100					
Підсумковий контроль	Система тестових завдань – 100 (для тих, кого не задовольняє оцінка)				
Навчальний проект	Індивідуальне навчально-дослідне завдання – 10				
Наукова робота	Участь у студентських наукових конференціях, семінарах, конкурсах, олімпіадах – 15				

Оцінювання знань студентів за європейською шкалою оцінювання ECTS проводиться відповідно до таких показників:

91-100 балів – відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок), оцінка A;

76-90 балів – дуже добре (вище від середнього рівня з кількома помилками), оцінка B;

71-75 балів – добре (загалом правильна робота з певною кількістю грубих помилок), оцінка C;

46-70 балів – задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків), оцінка D;

36-45 балів – достатньо (виконання задовольняє мінімальні критерії), оцінка E;

26-35 незадовільно (потрібно попрацювати перед тим, як отримати залік), оцінка FX;

1-25 балів – незадовільно (необхідна серйозна подальша робота), оцінка F.

При використанні чотирибальної системи оцінювання можна виходити з такої шкали: 85-100 – відмінно; 71-84 – добре; 50-70 – задовільно; менше 50 – незадовільно.

Студент інформується про результати оцінювання навчального модуля як складової підсумкового оцінювання засвоєння навчальної дисципліни.

Підсумкове оцінювання засвоєння навчального матеріалу дисципліни визначається без проведення семестрового екзамену (заліку) і є інтегрованою оцінкою засвоєння всіх змістовних модулів або груп модулів з урахуванням "вагових" коефіцієнтів.

Студент, що набрав протягом семестру необхідну кількість балів, може:

- не складати екзамен (залік) і отримати набрану кількість балів як підсумкову оцінку;
- складати екзамен (залік) у вигляді системи тестових завдань для підвищення свого рейтингу з навчальної дисципліни;
- ліквідувати академічну різницю, пов'язану з переходом на інший напрям підготовки чи до іншого вищого навчального закладу;
- поглиблено вивчити окремі розділи (теми) навчальної дисципліни, які формують кваліфікацію, що відповідає сучасним вимогам ринку праці;
- використати час, що відведено графіком навчального процесу на екзаменаційну сесію, для задоволення своїх особистих потреб.

Студент, що набрав протягом семестру менше від необхідної кількості балів, зобов'язаний складати екзамен (залік) у вигляді системи тестових завдань або пройти курс знову, в залежності від кількості набраних балів.

Наведемо приклад модульного контролю знань для змістовного модуля V «Геометрична оптика». Модульний контроль складається з семи тестових завдань репродуктивного характеру і чотирьох підвищеного рівня складності, за правильні відповіді на які відповідно студентові нараховується 1 і 2 бали. Таким чином, максимальну кількість балів, яку може отримати студент для підвищення свого рейтингу – 15 балів. Тестові завдання модульного контролю охоплюють всі види аудиторної і самостійної роботи студента.

Тестові завдання репродуктивного характеру можуть бути такими:

– запитання про предмет, наприклад, «*Який пристрій крім лінзи здатен фокусувати зображення?*»;

– запитання про доповнення, наприклад, «*Яке явище описує формула* $2d\sin\theta = m\lambda$ *?*»;

– запитання про особу, час, рік події, наприклад «*Хто і в якому році вперше визначив швидкість світла в лабораторних умовах?*»;

– запитання на означення, наприклад «*Що таке лінза?*»;

– запитання на формулювання, наприклад «*Сформулюйте принцип Гюйгенса-Френеля*».

Тестові завдання підвищеного рівня складності можуть бути такими:

– запитання про присудок, наприклад «*Що відбувається з плоскою хвилею, яка падає на дифракційну гратку?*»;

– запитання про ознаку присудка – обставину дії, наприклад «*При яких умовах оптичні явища можна описати в термінах геометричної оптики?*»

– запитання про умову, обставину, наприклад «*За яких умов спостерігається інтерференція поляризованого світла?*»;

– запитання про причину, наприклад «*Чим зумовлене молекулярне розсіяння світла?*»;

– запитання про мету, наприклад «*Для чого використовують просвітлення лінз?*».

Модульний і підсумковий контроль з навчальної дисципліни можна проводити за допомогою комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням.

Підводячи підсумки, слід зазначити, що тестовий метод контролю знань у процесі навчання фізики в кредитно-модульній системі принципово здатен забезпечити стандартизованість, об'єктивність, валідність, надійність і точність перевірки результатів навчання. Причому, форма тестового завдання не впливає на його трудність і визначається змістом завдання, але зумовлює орієнтацію й розподіл уваги випробуваного і тому впливає на валідність.

Література:

1. Гадецький М.В. Організація навчального процесу в сучасній школі: Навчально-методичний посібник для вчителів, керівників навчальних закладів, слухачів ІПО / М.В. Гадецький, Т.М. Хлєбнікова. – Харків: Веста; Вид. "Ранок", 2003. – 136 с.

2. Жовта І. Реформування вищої освіти і Болонський процес // Освіта України. – 2003. – № 92 – С. 3.

3. Модернізація вищої освіти України і Болонський процес // Освіта – 2004. – № 38. – С. 12–18.

4. Радянський енциклопедичний словник. – М.: Советская энциклопедия, 1979.

ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ВИВЧЕННІ КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

Б.І. Бешевлі, О.О. Русанова
м. Донецьк, Донецький національний університет
Beshevli@mail.ru

В даний час система вищої освіти України переживає кардинальні структурні перетворення. Різного роду реформи проводилися і раніше, однак вони носили відверто поверхневий, популістський характер і не могли істотно змінити основні положення навчального процесу. Наслідком цього є те, що протягом практично 50 років не змінилися не тільки методика викладання навчального матеріалу, але і робочі програми. Різного роду новації то виникали, то безвісно зникали, а традиційний підхід до організації навчального процесу: лекція – практичне (семінарське) заняття – лабораторні роботи – залік – іспит залишався непорушним. Тому модернізація освітньої діяльності в контексті європейських вимог, орієнтація на входження в освітній і науковий простір Європи є своєчасним і сміливим експериментом. Цілком очевидно, що подібні кардинальні зміни мають своїх як прихильників, так і не менш переконаних супротивників.

Практично в усіх публікаціях впровадження положень Болонського процесу в систему освіти та кредитно-модульна система (КМС) ототожнюються між собою. З нашої точки зору це не зовсім вірно.

Якщо уважно вивчити систему кредитів, то перехід від навчального навантаження в годинах, що враховується в наших навчальних програмах (лекції, лабораторні, практичні, курсові, самостійна робота), до системи ECTS, не викликає ніяких утруднень. Досить визначитися, яка кількість навчального навантаження в годинах відповідає одному кредиту і можна говорити про впровадження кредитної системи. Аналогічно з оцінкою знань. Адже нічого не зміниться, якщо екзаменатор замість оцінки “відмінно” проставить у відомості “А”, а замість “добре” – “ВС”. Кредитно-модульна система, яка стосується самої системи організації навчального процесу, у принципі, може бути взагалі не пов’язана з положеннями Болонського процесу. Отже, на наш погляд, основну увагу насамперед слід приділити саме розробці і впровадженню визначення змістових модулів навчання з кожної дисципліни, удосконалюванню системи контролю та оцінці знань.

Але всі методичні розробки щодо впровадження в учбовий процес вимог, задекларованих у Болонській конвенції, мають узагальнений характер. Немає чітко визначених вимог як до змісту робочих програм з фізики, так і для їх адаптації до конкретних спеціальностей. Усе це потребує величезної попередньої підготовчої роботи по розробці та узгодженню основних положень та вимог до організації учбового процесу, розроблення індивідуальних графіків навчального процесу з урахуванням особливостей кредитно-

модульної системи.

Експеримент по впровадженню кредитно-модульної системи організації навчального процесу проводився на базі однієї із груп біологічного факультету. Знання студента оцінювалися сукупністю балів, які він отримує за оволодіння теорією і за вміння застосовувати їх на практиці.

У зв'язку з тим, що загальна фізика вивчається на біологічному факультеті протягом двох семестрів (другий та третій семестр), весь курс розбитий на шістьох основних і 106 змістовних модулів. На теоретичну підготовку (лекції) відводиться 70 години (2 кредити), лабораторні 52 години (1,5 кредити), практичні заняття 35 годин (1 кредит) і на самостійну роботу 157 годин (4,5 кредити). Таким чином, загальний об'єм учбового навантаження складає 9 кредитів. В другому семестрі курс складається з двох модулів: модуль 1 – механіка, модуль 2 – молекулярна фізика і термодинаміка. Модуль 3 містить 6 лабораторних робот. У третьому семестрі модуль 4 – електрика і магнетизм, модуль 5 – оптика, атомна і ядерна фізика, модуль 6 – лабораторні роботи. Зважаючи на то, що основною метою введення нової системи учбового процесу є не просто формальна зміна назв і перерозподіл часів, а принципово новий підхід до цілей освіти, основну увагу приділяється перенесенню акцентів з інформативно-накопичувального напрямку у викладанні на розвиток самостійності в отримуванні знань. Згідно з нашими пропозиціями, поточний контроль з зарахуванням залікових балів необхідно проводити на всіх етапах учбового процесу.

Система контролю знань та їхня оцінка за підсумками теоретичного модуля полягає в наступному.

На практичних заняттях проводитися поточний контроль знань загальних формул та визначень, необхідних для розв'язання задач. Якщо студент вірно відповідає більш ніж на 50% питань, то він отримує один бал. Загальна кількість балів за цей вид контролю в теоретичному модулі складає чотири.

Наступним етапом контролю є контрольна робота, у якій пропонується чотири задачі. Якщо при розв'язані задачі розглянуто її фізичний сенс, з'ясовані фізичні законі, застосовані в цій задачі, записана система рівнянь, що описує явище, то оцінка складає один бал. Якщо система рівнянь розв'язана, отримана кінцева формула, проведена перевірка на розмірність та проведені розрахунки, добавляється ще один бал. Правильно виконана контрольна робота дає можливість отримати вісім балів. По завершенню вивчення теоретичного модулі проводитися тестування, що оцінюється в чотирнадцять балів і теоретичний залік – вісімнадцять балів. Загалом за один теоретичний модуль студент може отримати 44 бали.

У лабораторному модулі студент повинен виконати та захистити шість лабораторних робіт. Якщо робота виконана самостійно, проведені всі необхідні дослідження, пояснена мета дослідження та методика виконання роботи, отримані правильні результати, виконані всі необхідні розрахунки, гра-

фіки і зроблені висновки, то студент отримує один бал. Якщо ж до того ще розглянута теорія явища, яка досліджується в роботі, отримані теоретичні формули, зроблені висновки відносно застосування теоретичних знань на практиці, то додається ще один бал. Отже, за лабораторні роботі максимальна кількість балів складає 12. Перерахунок балів, отриманих за три модулі, проводитися згідно наведеної таблиці. В науково-методичній літературі можна знайти багато різних співвідношень між п'ятибальною та багатобальною системами оцінювання знань. Одне з співвідношень показано в колонці "рекомендовано". Однак, на наш погляд, більш реальною є запропонована нами шкала перерахування, яка побудована на підставі досліджень, проведених раніше на біологічному факультеті з метою пов'язати стобальну та п'ятибальну системи. Очевидно, що вона потребує уточнення та детального обґрунтування, яке може бути здійснено тільки в процесі проведення подальшого експерименту по переходу учбового процесу згідно з вимогами Болонської системи.

За шкалою ESTS	За національною шкалою	Рекомендовано	За шкалою кафедри
A	5 (відмінно)	95–100	70–100
BC	4 (добре)	85–95	50–69
DE	3 (задовільно)	75–85	30–49
FX	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання	60–75	25–29
F	2 (незадовільно) з обов'язковим повторним курсом	1-60	1–24

Якщо студента задовольняє оцінка, яку він отримав при поточному семестровому контролі, то він отримує її як залікову за весь курс відповідного семестру. Якщо ж ні, то він складає екзамен по матеріалу двох теоретичних модулів.

Порівняння контрольної групи студентів із іншими групами першого курсу показало, що структурування курсу, урахування результатів потокового контролю знань студентів впродовж семестру при отриманні підсумкової оцінки і чітке визначення критеріїв оцінювання в цілому позитивно вплинуло на якість знань студентів.

До переваг кредитно-модульної системи слід віднести те, що при її застосуванні контроль за роботою студентів відбувається неперервно на протязі усього семестру. Крім того, з'являється елемент стимулювання студента до систематичної праці над учбовим матеріалом, зменшується психологічне навантаження студентів перед екзаменаційною сесією, так як можна отримати відповідну оцінку шляхом праці на протязі семестру. Більш об'єктивна оцінка результатів навчання надає ширші можливості викладачу для переносу учбового навантаження на самостійну роботу.

Однак з'ясувалися суттєві труднощі при впроваджені кредитно-модульній системі: відсутність в навантаженні викладачів часу для розроб-

ки учбово-методичної документації, наукових розробок з питань застосування КМС в курсах фундаментальних дисциплін, невідповідність учбових програм та учбового навантаження при викладанні по класичній методиці та КМС. Все це примушує викладачів на свій розсуд переписувати традиційні програми в досить жорсткій сітці учбових часів. Не зрозуміло, яким чином контролювати і оцінювати самостійну роботу студентів, яка повинна складати близько 60% учбового навантаження. Системою ECTS передбачається можливість врахування всіх досягнення студента, а не тільки навчальне навантаження, наприклад, доля в наукових дослідженнях, конференціях, предметних олімпіадах тощо, але немає науково-методичних рекомендацій з цього поводу та нормативної документації по врахуванню цих досягнень. КМС передбачає значний обсяг контролюючих заходів, однак на це не відводиться час в учбових програмах. Законодавчо не пописано, що робити в випадку, якщо студент отримав оцінку “F”. В зв’язку з тим, що система передбачає передачу кредитів іншим вищим навчальним закладам, необхідно розробити і нормативно закріпити єдину, незалежну систему оцінки знань, яка була б уніфікована для усіх учбових закладів, що входять в систему Болонської угоди.

Суттєвими недоліками, з нашої точки зору, є те, що значна кількість студентів задовольняється вже гарантованою оцінкою і не прагне підвищити рівень знань і відповідно оцінку шляхом складання екзамену. Крім того, отримавши залік за відповідний модуль, студент забуває майже все і не може при теоретичному заліку другого модуля не тільки використати попередні знання, але навіть і згадати основні теоретичні положення. Тобто при КМС розривається єдине пояснення наукової картини світу на окремі, ніби не пов’язані між собою блоки.

Таким чином, після одного року роботи по КМС можна зробити попередній висновок, що при досить привабливих положеннях та позитивних прагненнях, реалізувати основні принципи, на яких базується кредитно-модульна система в умовах існуючої системи планування навчального процесу в повній мірі неможливо.

З огляду на те, що експерименти по впровадженню кредитно-модульної системи проводяться не в лабораторних умовах, а в реальному учбовому процесі, результати можуть бути оцінені тільки після досить тривалого часу. Тому необхідно дуже обережно підходити до формулювання висновків і практичних рекомендацій.

РОЗРОБКА РЕЙТИНГОВОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ З КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

Н.Л. Дон
м. Херсон, Херсонський національний технічний університет
n_don@mail.ru

В умовах неперервного розвитку системи освіти, багаторівневості освітніх процесів у ВНЗ, неухильного удосконалення змісту освіти, впровадження нових дидактичних технологій все відчутнішого розвитку набувають інтегративний характер змісту освіти, комплексний характер контролю навчальної діяльності учнів. Водночас у більшості ВНЗ оцінку якості результатів навчальних досягнень студентів, як правило, здійснюють з використанням недостатньо диференційованої, "дискретної", п'ятибальної системи, яка не забезпечує задовільної об'єктивності. Суперечності між основними цілями й завданнями вищої освіти і використовуваними методами, засобами і формами контролю навчальної діяльності студентів зумовили пошук шляхів створення об'єктивної системи контролю в сучасній диференційованій вищій школі, яка ґрунтувалася б на методах і формах, адекватних завданням реалізації особистісно зорієнтованого та діяльнісного підходів в навчально-виховному процесі. В рамках даної проблеми на кафедрі загальної та прикладної фізики Херсонського національного технічного університету була поставлена задача – розробити рейтингову систему оцінювання знань студентів з курсу загальної фізики, поєднавши її з відомими на цей час шкалами оцінювання знань та вмінь студентів.

Курс загальної фізики вивчається на протязі двох семестрів з обов'язковим складанням іспиту наприкінці кожного із семестрів. Наприклад, на факультеті машинобудування пропонується наступний розподіл годин:

ШИФР	ФОРМА НАВЧ.	КУРС	СЕМЕСТР	ВСЬОГО	В ТОМУ ЧИСЛІ				КОНТРОЛЬ	
					Лекції	Практ	Лабор	Самост	Залік	Іспит
7.090202	Денна	1	2	162	36	18	18	90		+
7.090202	Денна	2	3	162	36	18	18	90		+
Загалом по спеціальності:				**324**	**72**	**36**	**36**	**180**		

В кожному із семестрів на протязі 18 лекційних занять (36 годин) студенти вивчають теоретичний матеріал мінімум з трьох розділів (тем).

Наприкінці вивчення теми (наприклад, механіки чи молекулярної фізики та термодинаміки) студенти складають так званий **модуль-контроль (МК)**, який складається з чотирьох теоретичних питань з даного розділу. Відповідь на кожне із питань оцінюється максимум в 10 балів, таким чином, за один модуль-контроль студент може набрати 0–40 балів. Враховуючи, що за один семестр таких МК студент складає три, то відповідно 0–120 балів

охоплюють оцінку знання студентом теоретичного матеріалу з усього курсу, що вивчався протягом семестру.

Для заохочення студентів до відвідування лекцій проводився контроль відвідування: 18 балів за 18 **лекційних занять** студент отримував, якщо не пропустив жодного із них. Відповідно кожен пропуск автоматично означав втрату одного балу.

У кожному із семестрів планується 18 годин (9 занять), на яких студент повинен виконати 6 **лабораторних робіт**. Кожна із лабораторних робіт оцінюється максимум в 10 балів за трьома критеріями:

- *Допуск* – за підготовку записів у зошиті, попереднє опрацювання теоретичного матеріалу та заздалегідь письмово оформлені відповіді на контрольні запитання: 0–3 бали відповідно.
- *Виконання роботи* – якість виконання, відповідність технічним вимогам: 1–2 бали відповідно.
- *Захист роботи* – за правильність проведених розрахунків, побудову графічних залежностей, вміння пояснити отримані результати і зробити висновки: 0–5 балів відповідно.

Таким чином, протягом семестру студент отримує за лабораторний практикум 0–60 балів. При цьому до кінця семестру студент повинен виконати і захистити всі 6 лабораторних робіт – як умова допуску до іспиту. Слід зазначити, що під час виконання лабораторних робіт можна впровадити штрафні санкції: якщо студент на наступному після виконання роботи занятті не захищає її, кожне наступне заняття означає «–1» бал при захисті роботи. Такий підхід стимулює студента до своєчасного виконання всіх запланованих лабораторних робіт.

У кожному із семестрів планується 18 годин **практичних занять**, на яких передбачено розгляд основних типів задач з даних тему курсу фізики. Окрім розв'язування задач, на кожному занятті викладач проводить коротку самостійну роботу (фізичний диктант за основним теоретичними положеннями або розв'язування задач з попередньо вивченої теми). Кожна із робіт оцінюється в 0–10 балів. Поточні відповіді студентів біля дошки також оцінюються додатковими балами (0–2 бали), так само як і активна робота на робочому місці (що особливо доречно для досить сильних студентів). Відповідно відмова студента виходити до дошки, так само як і не виконане домашнє завдання «штрафується»: «–1» бал. Таким чином, на практичних заняттях студент отримує 0–90, а то й більше балів.

У ВНЗ зберігається традиція атестувати студента за поточним оцінюванням (так звані «автомати»). Щоб була можливість такої дострокової атестації студентів, слід врахувати, що в екзаменаційному білеті, окрім трьох теоретичних запитань, є одна задача. Тому на протязі семестру студенти самостійно виконують **домашню контрольну роботу (ДКР)**, що містить 10 задач, які студент не лише розв'язує, а й захищає (пояснює викладачеві хід розв'язування). Кожна задача оцінюється в 0–5 балів, тому загалом ДКР

оцінюється в 0–50 балів. Наприкінці семестру студенти складають **підсумкову аудиторну контрольну роботу (АКР)**, яка містить 5 задач, розв'язок кожної із них оцінюється в 0–10 балів. Таким чином за АКР студент отримує 0–50 балів. Про всі контрольні заходи студенти повідомляються ще на початку семестру, таким чином студент сам визначає траєкторію власного навчання із відповідними наслідками.

Студентам повідомляється наперед, що максимум балів, які можна отримати протягом семестру – 388 балів.

Розподіл балів за видами навчальної роботи:

18*1=18 балів	Відвідування лекцій
9*10=90 балів	Практичні заняття
6*10=60 балів	Лабораторні роботи
3*40=120 балів	Модуль-контроль
5*10=50 балів	Аудиторна контрольна робота
10*5=50 балів	Домашня контрольна робота
∑=388 балів	

Обов'язкове написання всіх трьох МК, АКР і ДКР за умови входження отриманих оцінок в діапазон позитивних дає право студенту отримати достроковану атестацію («автомат»).

Використання рейтингової системи оцінювання не вимагає суттєвих зусиль з боку викладача, але набагато збільшується частка методичної роботи: необхідність додаткової розробки методзабезпечення (текстів самостійних та контрольних робіт, варіантів модуль-контролю до кожної із тем і т.д.) Але, з іншого боку, такі матеріали розробляються і традиційно, тому особливих труднощів виникати не повинно.

З технічної точки зору використання рейтингової системи вимагає систематичного внесення оцінок в «рейтинг-карту» (РК) групи, яка містить наступні основні елементи:

- Прізвище студента
- Бали, отримані за лабораторні роботи
- Бали, отримані на практичних заняттях
- Бали за відвідування лекцій
- Бали, отримані за модуль-контролі
- Бали, отримані за ДКР та АКР
- Підсумковий бал

Регулярне оголошення балів та складання порівняльної діаграми відіграє дуже важливу психологічну роль: студенти починають порівнювати власні результати з результатами не лише своїх одногрупників, а й результати студентів інших груп. Здорова конкуренція призводить до «ефекту суперництва», що сприяє підвищенню успішності студентів загалом.

Адаптація рейтингової системи оцінювання до стандартних систем може бути переведена автоматично, особливо якщо є можливість працювати в середовищі електронних таблиць. Тобто, вносячи регулярно кількість балів,

отриману студентами в РК групи, на кінець семестру отримується повністю заповнена таблиця. Враховуючи співвідношення поміж усіма відомими шкалами оцінювання, неважко скласти програму переходу від багатобальної (рейтингової) системи оцінювання до будь-якої із шкал: чи то до шкали Блума, чи то до двобальної, стобальної, п'ятибальної шкали чи шкали ECTS.

Впровадження багатобальної системи оцінювання виключає суб'єктивність викладача та порівняльність, яка є притаманною п'ятибальній системі. Слід зазначити, що з впровадженням рейтингу при вивченні курсу загальної фізики спостерігалась тенденція зростаючого інтересу як до предмету, так і до навчального процесу загалом. І хоча студенти скаржилися на надмірність контролю, наприкінці семестру вони визнали, що це їм допомогло краще підготуватися до складання іспиту, адже систематична підготовка до різних видів контролю (МК, самостійні роботи, захист лабораторних робіт) вимагала знання теоретичного матеріалу. Тому при підготовці до іспиту студенти лише пригадували, а не вивчали матеріал.

Комплекс методів поточного контролю знань студентів може поступово перехоплювати головні функції, які традиційно покладалися, і ще нині покладаються, на такі елементи навчального процесу, як сесійні іспити (заліки). Цьому покликана сприяти і розроблена в рамках проекту багатобальна рейтингова система оцінювання знань та вмінь студентів з курсу загальної фізики, яка успішно впроваджується третій рік поспіль на кафедрі загальної та прикладної фізики Херсонського національного технічного університету.

Для максимальної об'єктивності моніторингу знань студентів перераховані вище форми контролю мають бути використані лише у комбінації одна з одною, а також з більш традиційними для вітчизняної вищої школи методиками оцінювання – усними опитуваннями, письмовими відповідями на теоретичні питання, розв'язанням задач, тощо. Втім, тенденція до зростання ролі самостійної роботи студентів, спрощення процедури перевірки контрольних робіт, ширшого використання сучасних технологій (зокрема й інформаційних) в освітньому процесі, застосування інтерактивних методів навчання, набуває особливої актуальності в умовах приєднання України до Болонського процесу.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ З ФІЗИКИ У РАМКАХ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ

В.Г. Погребняк[1], С.В. Горбань[1], О.О. Горбань[2]
[1] м. Донецьк, Донецький державний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського
[2] м. Донецьк, Донецький фізико-технічний інститут ім. О. Галкіна НАН України
dmitruk@etel.dn.ua

Згідно зі «Стратегією інтеграції України у Європейський союз» із 2005 року почалось реформування нашої системи освіти за європейськими стандартами навчання. Механізмом для вирішення цих задач є застосування кредитно-модульної системи освіти з урахуванням вимог, критеріїв та стандартів, що були вироблені учасниками Болонської конвенції [1]. При цьому реструктуризація курсу в рамках кредитно-модульної системи потребує не тільки перегляду співвідношення аудиторної роботи (лекцій, консультацій, лабораторних та практичних занять) та самостійної роботи (робота з літературою у бібліотеці, у комп'ютерних класах, наукова і творча робота), а також розвитку і удосконалення існуючих форм контролю знань та критеріїв їх оцінки.

Раніше були розглянуті принципи формування робочих програм з курсу фізики у рамках кредитно-модульної системи [2]. В результаті такого проектування навчального навантаження курсу була сформована цільна система аудиторної та позааудиторної роботи студента, яка дорівнює 9 кредитам (5 кредитів – у осінньому семестрі та 4 – у весняному) і містить 6 залікових кредитних модулів, що відповідають основним розділам курсу. На вивчення кожного модуля припадає шість тижнів навчального часу. На першому, сьомому і тринадцятому тижні кожному студенту видається індивідуальна картка із завданням, яка містить матеріал відповідно першого, другого і третього модуля. Кожна картка містить десять тестових запитань, на кожне з яких пропонується чотири варіанти відповідей, із яких студент повинен обрати вірну і пояснити свій вибір. Тестові запитання досить різноманітні: це і вирішення кількісних задач, і знання фізичних законів, формул, розмірностей фізичних величин, і уміння якісного аналізу аналітичних або графічних фізичних залежностей. Тобто можна стверджувати, що тестові завдання дозволяють досить якісно оцінити рівень знань студента з кожного розділу фізики. За кожну вірну обґрунтовану відповідь будь-якого змісту студент одержує 2 бали, тобто, за повністю виконане модульне завдання студент отримує 20 балів. Терміни здавання змістовних модульних контролів – шостий, дванадцятий і вісімнадцятий навчальний тижні. Знання запитань свого індивідуального завдання і термінів його здавання, вимушує студента відвідувати лекційні заняття, уважно слухати лектора і вести конс-

пект, а також активно самостійно працювати з підручником щодо окремих питань відповідного змістовного модулю.

Основним видом навчальної роботи з фізики є виконання лабораторних робіт. Відзначимо, що методичний акцент цього виду навчальної роботи спрямований на формування та закріплення навичок аналізу експериментальних даних фізичного експерименту:

- уміння правильного надання результатів експерименту у вигляді таблиць або графіків;
- коректне математичне моделювання, яке доповнює фізичне моделювання засобами математичного опису та кількісного аналізу, що дозволяє оцінювати похибки експериментів [3].

Лабораторна робота включає в себе написання підготовки до роботи, допуск до її виконання, власне практична частина, обробка експериментальних даних, оцінка похибок вимірів та захист одержаних результатів. За своєчасно виконану і захищену лабораторну роботу студент отримує 5 балів. Робоча програма з фізики для технічних спеціальностей ДонДУЕТ передбачає одну лабораторну годину на тиждень. При модульному контролі обов'язковими до захисту і нарахуванні балів є дві лабораторні роботи (максимум – 10 балів). Таким чином, максимальна кількість балів, яку може отримати студент при кожному модульному контролі, становить 30 балів, отже, за семестр – 90 балів. Якщо студент протягом семестру успішно справляється з навчальним навантаженням і йому більше подобається експериментальна робота, він встигає виконати і захистити не тільки шість обов'язкових лабораторних робіт, а вісім, заробивши при цьому додаткових 10 балів (звичайно, перше лабораторне заняття носить організаційний характер: студенти знайомляться з фізичними лабораторіями кафедри, з правилами техніки безпеки в лабораторії, отримують перше модульне завдання і фіксують терміни захисту змістовних модульних контролів на весь семестр). Якщо студент протягом семестру сумлінно ставиться до своїх обов'язків і своєчасно виконує контрольні і лабораторні завдання, він також має право на додаткові заохочувальні бали на розсуд викладача. В кінці семестру кількість балів, отриманих студентом на протязі всіх модульних контролів, підсумовується і оголошується студенту. Якщо ця сума його задовольняє, вона заноситься до залікової книжки. Максимальна сума балів, яку студент може отримати за семестр – сто.

Якщо студент бажає підвищити свій рейтинг, він має право складати іспит. Екзаменаційні завдання також містять десять тестових альтернативних запитань із числа усіх без виключення вивчених протягом семестру змістовних модулів. На першому занятті студенти попереджаються, що для них краще наполегливо працювати над вивченням матеріалу протягом семестру, щоб набрати високу кількість балів. Але якщо студент висловлює бажання складати іспит, то результат іспиту може не тільки підвищити, а й знизити його підсумковий рейтинг. Приклад заповнення семестрової рейти-

нгової успішності студента наведений у таблиці.

№ з/п	П. І. Б. студентів	Лабораторні роботи				Індивідуальні завдання				Проект оцінки	Іспит
		Мод. 1	Мод. 2	Мод. 3	Сума	Мод. 1	Мод. 2	Мод. 3	Сума		
n.	Іванов І.І.	10	5	15	30	16	14	18	48	78	

Відзначимо, що у робочій програмі з фізики, сформованій у межах кредитно-модульної системи, до 67% обсягу навчального навантаження відведено самостійній роботі студента у будь-якій її формі. Це дозволяє перетворити студентів у повноправних партнерів з викладачами у процесі одержання ними знань. При цьому 33% аудиторних занять традиційно відведені під лекційне і лабораторне навантаження, а самостійна робота студентів враховує підготовку до лабораторних занять та виконання індивідуальних завдань, а також розв'язання практичних задач. За результатами роботи у рамках кредитно-модульної системи у минулому році показано, що для більш ефективного засвоювання студентами навчального матеріалу з фізики необхідно збільшити кількість аудиторних навчальних годин за рахунок годин самостійної роботи студентів. Але аудиторні заняття повинні бути консультативними. Запропоновано назвати цей вид занять "Самостійна робота студентів під керівництвом викладача". Це дає змогу самостійну роботу студентів зробити набагато ефективнішою. Викладач же отримує змогу краще познайомитись із кожним студентом, і оцінка його знань з предмету стане більш справедливою. Крім того, під час таких занять викладач має змогу консультувати студента щодо розв'язання задач, розрахунків лабораторних робіт та їх захисту, а також проводити змістовний модульний контроль. Відвідування цих занять студентами вважається необов'язковими (тільки при необхідності), а для викладача – обов'язковими. Кількість годин таких занять заноситься до навчального навантаження викладача. Щодо фізики, кількість таких годин повинна становити не менше однієї, а краще дві години на тиждень на кожну академічну групу. Таким чином, у студентів перевіряється глибина засвоєння фундаментальних понять та розуміння суті фізичних явищ, на яких базується конкретний експеримент; напрацьовується досвід роботи та принципи формування навчального процесу у межах кредитно-модульної системи. Це дає можливість коректувати і удосконалювати навчальний процес, якщо потрібно перерозподіляти акценти між різними видами навчальної діяльності, враховувати індивідуальні здібності студентів, що суттєво полегшить їхню адаптацію у вищому навчальному закладі в період його реформування.

Кафедра також запропонувала адміністрації університету зараховувати участь студентів у науково-дослідницькій роботі кафедри до кредитно-модульної системи оцінювання знань. Для активізації науково-дослідницької роботи студентів, пропонується до об'єму роботи студента, який відбивається у навчальному кредиті, занести і його участь у НДР. При нарахуванні кредитів, у трудоємність також зараховувати участь студентів у проведенні фізичних наукових досліджень, у наукових конференціях фізико-технічного

напрямку, фізичних олімпіадах, співавторство у статтях і тезах доповідей, оцінюючи їх у балах. Кількість нарахованих балів повинна визначатись рівнем наукових форумів (вузівський, обласний, всеукраїнський, міжнародний) або публікацій (тези, статті, монографії і таке інше). Такий підхід дозволить всім бажаючим студентам отримувати високі оцінки з фізики шляхом розвитку свого творчого потенціалу і фізичного світогляду. Проте, реалізація цього буде можлива лише при суворому дотриманні системного підходу у навчанні та усвідомленні результатів, які необхідно забезпечити на кожному етапі навчання.

Література:

1. Болонский процесс: нарастающая динамика и многообразие. / Под научной редакцией проф. В.И. Байденко. – М., 2002. – 409 с.
2. Погребняк В.Г., Горбань С.В., Горбань О.О. Деякі аспекти формування курсу фізики в умовах входження ВНЗ України до європейського простору вищої освіти./ Зб. тез доп. наук.-мет. конф. “Модернізація вищої освіти України в контексті євроінтеграції”. / Донецьк: ДонДУЕТ, 2005. – С. 316-317.
3. Погребняк В.Г., Горбань С.В. Физика. Основы теории погрешностей. – Донецк: ДонГУЭТ, 2004. – 27 с.

КОМПЛЕКСНЕ МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ З ФІЗИКИ ОЧНОЇ ТА ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ

Р.М. Лучицький, М.О. Галущак
м. Івано-Франківськ, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ifp@nung.edu.ua

Впровадження дистанційної форми навчання в Україні, на нашу думку, наштовхується на три такі основні складності: 1) організаційно-методичну; 2) матеріальне забезпечення; 3) непідготовленість суспільства. Коли перші дві більш-менш успішно переборюються, то третя часто-густо унеможливлює успішне впровадження цієї нової форми навчання.

Фактично в дистанційну форму в нас поступово перероджується заочна форма навчання, яка, з часом, повинна б нею витіснитись. Але початкова практика такого трансформування дає, на жаль, невтішні результати. Адже заочники – це ті люди, які переважно не володіють комп'ютером і стиль навчання яких не сприяє переходу на нову форму навчання, принципово відмінну від звичної для них. Відповідна інфраструктура комп'ютерного обслуговування такої когорти студентів практично відсутня.

Тому для більш ефективного використання розробленого методичного забезпечення дистанційної форми навчання на кафедрі фізики новітніх технологій відповідний методичний доробок (дистанційні курси, тести, віртуальні лабораторні роботи) використовується також для забезпечення самостійної роботи студентами стаціонарної форми навчання.

Для вивчення фізики студентами очної та дистанційної (заочної) форм навчання використовуються розроблені електронні посібники з фізики для дистанційного навчання (ч. 1 – Механіка і ч.2 – Молекулярна фізика і термодинаміка). Кожний розділ цих посібників має таку форму методичного забезпечення:

1) стислий виклад теоретичного матеріалу;
2) запитання для самоперевірки;
3) тест для самоконтролю рівня засвоєння теоретичного матеріалу;
4) приклади і методика розв'язування задач;
5) задачі для самостійного опрацювання з правильними відповідями;
6) тест для самоперевірки вміння розв'язувати задачі.

Наявні у згаданих посібниках тестові завдання, а також додатково розроблені, були використані для формування банку тестових завдань (для двох модулів). Через Internet-мережу та університетський Центр дистанційного навчання банк тестових завдань можна використовувати для трьох основних цілей.

І. Для самоконтролю засвоєння теоретичного матеріалу даного розділу

(теми, змістового модуля) та навички розв'язувати задачі. Для цього студентам вказується відповідний файл та доступ до нього через Internet-мережу на сайт Центру ДН до посібників, які дають можливість самостійно опрацювати відповідну тему як студентам стаціонару, так і заочної (дистанційної) форми навчання.

II. Для проведення викладачем модульного контролю формувались блоки тестових завдань за змістовими модулями (темами). Використовувались можливості Центру ДН за допомогою відповідної програми (методом випадкових чисел) формувати індивідуальні варіанти завдань для кожного студента. Для цього списки студентів двох потоків гірничих спеціальностей були введені у відповідну програму і кожному студенту присвоєні індивідуальні шестизначні ім'я і пароль. Для виконання завдань відводився певний час, наприклад, 10 днів, після чого завдання виконувались в подальшому уже як відробки. Викладач мав свій пароль, який дозволяв заходити на відповідний сайт і контролювати хід виконання завдань і результати тестування в режимі "живого часу". Тести були двох ґатунків – для контролю теоретичного матеріалу (як колоквіум) та вміння розв'язувати задачі (як контрольна робота).

Слід звернути увагу, що така форма тестування містить не тільки контролюючу функцію, але і навчальну. Адже тест можна було в будь-який момент перервати і звернутись до меню для роботи з відповідним розділом електронного посібника. Правда, після відновлення роботи над тестом, комп'ютер пропонував студенту уже інший варіант завдання.

III. Для проведення іспитів (заліків)також можна використовувати напрацьований банк тестових завдань, який можна регулярно оновлювати та доповнювати (як теоретичну, так і практичну складові). Для формування тестів-білетів банк тестових завдань слід розбивати, наприклад, на 5 складових (3 – теоретичні і 2 – практичні), з яких програма формуватиме індивідуальні завдання, які не повторюються.

Форма проведення іспиту може варіюватися в залежності від технічних можливостей (наявності відповідно оснащених комп'ютерних класів, електронних списків студентів з індивідуальними паролями-шифрами…) та кількості студентів.

У випадку мінімальної технічної можливості тести-білети роздруковуються перед іспитом і роздаються студентам. Ця форма найближча до традиційної письмової. Студенти працюють в аудиторії під контролем викладача і через певний час здають талони з відповідями зі своїми шифрами, які перевіряються вручну. Правда, тут виникає складність із шифрами тестових завдань та підготуванням таблиць із відповідями з відповідними шифрами завдань для ручної перевірки.

Друга форма така ж сама, як і для структурного контролю. Але тоді іспит чи залік проводиться із підгрупами, згідно кількості місць в комп'ютерному класі, що не є дуже вигідним.

Третя форма – коли застосувати систему сканерів для індивідуальних бланків з шифрами студентів, – така ж, як на вступних іспитах. Тоді можна тестувати весь потік, попередньо ввівши в комп'ютер банк тестових завдань із зашифрованими завданнями і відповідями до них.

Досвід проведення тестування дозволяє стверджувати, що тестування ефективне в процесі самостійного опрацювання матеріалу: 1) для самоконтролю засвоєння теми (змістового модуля); 2) для контрою викладачем (структурного чи тематичного, модульного).

Чим більший досвід із складання тестів, тим більш чітко усвідомлюється, відчувається їх обмежена ніша застосування:

– чи студенти запам'ятали формулювання основних законів, принципів, базові формули та співвідношення;
– чи мають студенти навички розв'язувати задачі.

Але тести не можуть навчити чи перевірити вміння порівнювати, зіставляти, розуміти суть, аналізувати, робити висновки, вміння вивести формули чи доведення закону тощо. Тобто застосування тестів не є панацея. І сліпе захоплення ними приведе до того, що постраждає **розвивальна** функція навчання. Зокрема, вони сприяють натаскуванню, зубрінню, поверховості засвоєння знань.

На кафедрі фізики новітніх технологій підготовлено банк лабораторних робіт з використання елементів комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів – віртуальний лабораторний практикум – з різних розділів фізики.

Це завершує комплексне методичне забезпечення самостійної роботи студентів очної та дистанційної форм навчання.

ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕНОЇ СКЛАДНОСТІ З ТЕРМОДИНАМІКИ ЯК ЕЛЕМЕНТ КОНТРОЛЮ

Т.М. Погорілко
м. Київ, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Сьогодні вищі навчальні заклади переживають період, що супроводжується глибоким переосмисленням вітчизняного та світового досвіду у формуванні цілей і змісту освіти та побудовою адекватних їм систем. Незважаючи на те, що у педагогіці відпрацьовано цілий комплекс традиційних способів навчання, завжди існує необхідність їх вдосконалення і пошуку нових методів, оскільки відбувається невпинне зростання об'єму інформаційного поля. Мета навчального процесу – передача знань і вмінь викладача до студента, формування у останнього навичок певної діяльності. Останнім часом підвищення ефективності навчання пов'язувалися з такими новаціями, як практична і прикладна (професійна) орієнтованість занять, створення проблемних ситуацій, комп'ютеризація процесу навчання.

Все більше вищих навчальних закладів відходить від традиційної до кредитно-модульної організації роботи студентів. Контрольно-оцінювальний компонент лежить в основі такої організації навчання. Аналіз досвіду роботи педагогічних навчальних закладів з вивчення теоретичної фізики показує, що систематична творча робота студентів протягом семестру недостатньо стимулюється, слабка відповідальність за результат навчання не сприяє підготовці студента до прийняття самостійних рішень.

Метою дослідження було дослідити шляхи вдосконалення і вдосконалити інструментарій для здійснення контролю знань студентів.

Слід зазначити, що викладачі кафедри експериментальної і теоретичної фізики та астрономії працюють за кредитно-модульною системою не перший рік і мають позитивні результати. Велика роль надається функції контролю.

У науково-методичній літературі питанню контролю і оцінюванню якості знань присвячені праці П.С. Атаманчука, А.Т. Бовтрука, П.П. Блонського. Проте є ряд проблем, які нерозв'язані й досі, зокрема проблеми об'єктивності оцінювання, негативного ставлення до процедур контролю, незацікавленість студентів контролем, виховна мета контролю.

Слід зауважити, що нами розроблено і впроваджено різні форми контролю знань студентів. Щоб функція контролю не була «прісним», неприємним явищем, ми урізноманітнили види контролю. Зокрема, студенти, окрім стандартних самостійних, розрахункових робіт і фізичних диктантів, активно працюють над складанням і захистом опорних конспектів, складають кросворди, тести (паперовий і електронний варіанти), створюють програми, складають фізичні та астрономічні словники. З окремих дисциплін, що читаються на кафедрі, є обов'язкові види контролю і варіативні, що дозволяє

заохочувати студентів до творчої діяльності, самостійної роботи. Наприклад, альтернативою реферату може бути складання кросворду чи означення ключових слів теми.

У термодинаміці одним з таких видів контролю є розв'язування задач підвищеної складності. Задача повинна не тільки і не стільки сприяти закріпленню знань, тренуванню в їх застосуванні, скільки формувати дослідницький стиль розумової діяльності. У першому модулі такі задачі пропонуються після вивчення тем «Перший принцип термодинаміки» та «Другий принцип термодинаміки».

Активні студенти, які мають бажання набрати більшу кількість балів, можуть взяти у викладача індивідуальну картку (на ній – дві задачі), опрацювати її, захистити розв'язок і отримати додаткову кількість балів. Цей вид контролю оцінюється високим балом, що стимулює студента працювати над індивідуальною карткою Ці бали додаються до тих, які студент отримує протягом семестру. Набравши відповідну кількість балів, студент може бути звільнений від екзамену. Досвід показує, що не всі студенти працюють з картками, проте, ті, які взяли задачі, відповідально ставляться до завдання і добре пояснюють розв'язання. Розв'язування таких задач дозволяє формувати свідому позитивну мотивацію навчання, спонукає кращих студентів до самореалізації, дозволяє коригувати процес формування пізнавальної активності.

Пропонуємо дві індивідуальні картки.

Картка 1 (*тема «Перший принцип термодинаміки»*)

Задача 1.

Знайти зв'язок між ізобаричним коефіцієнтом теплового розширення α_p, ізотермічним коефіцієнтом стиснення β_T і термічним коефіцієнтом зміни тиску при сталому тиску K_V.

Дано:	**Розв'язання**
α_p β_T K_V	Згідно означення, $\alpha_p = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$; $\beta_T = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$; $K_V = \frac{1}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$.
$f(\alpha_p, \beta_T, K_V) - ?$	Для довільного процесу: $dV = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T dp$.

В ізохоричному процесі $dV=0$ і $0 = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T dp$.

З останнього рівняння маємо: $\frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T} = -\frac{dp_V}{dT_V}$.

Отже,

$\alpha_p=\beta_T \cdot K_V \cdot p$.

Задача 2.

Знайти зв'язок теплоємностей C_p і C_V для будь-якої простої системи.

Дано:	**Розв'язання**
C_p C_V	Згідно першого принципу термодинаміки: $\delta Q=dU+dA$
$f(C_p, C_V) - ?$	або $CdT = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV + \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + pdV$

Для ізохоричного процесу маємо:

$$C_V dT_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT_V .$$

З останнього рівняння маємо:

$$C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V .$$

Для ізобаричного процесу маємо:

$$C_p dT_p = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV_p + \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT_p + pdV_p .$$

Отже:

$$C_p - C_V = \left[\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p\right]\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p .$$

Картка 2 (*тема «Другий принцип термодинаміки»*)

Задача 1.

Обчислити коефіцієнт Джоуля-Топсона для газу Ван дер Ваальса, для якого $p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$.

Дано:	**Розв'язання**
$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$	Для оборотній нескінченно малій зміні стану маємо: $TdS=dU+pdV$,
$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T - ?$	звідки $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T - p = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p$

Якщо $p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$, то $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = \frac{a}{V^2}$.

Задача 2.

Виразити зміну температури одноатомного газу, що вільно розширюється, через початковий і кінцевий об'єми і константи Ван дер Ваальса для газу.

Дано:	**Розв'язання**
a b	Згідно умови: dU=0, але
$T_2 = f(T_1) - ?$	$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV = C_V dT + \frac{adV}{V^2}$ (див задачу 1 картки 2). Тому:

$$dT = -\frac{adV}{C_V V^2}, \ (dV < 0) \ \text{ або } \ T_2 = T_1 + \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1}\right)\frac{a}{C_V}.$$

Будучи важливою частиною процесу підготовки спеціалістів, контроль сам по собі не відміняє і не заміняє будь-яких методів навчання і виховання, – він лише допомагає виявити досягнення і недоліки.

Задачі підвищеної складності, як і будь-які задачі взагалі, потрібно коректно вводити в систему контролю: там де це є доцільно. Зазвичай їх використовують для поточного контролю. Розв'язування задач підвищеної складності спрямоване на формування пізнавальної самостійності, розвиток розумової активності. Їх контролююча функція спрямована на встановлення рівнів навченості, здібності до самостійної діяльності, сформованості пізнавальних інтересів.

Література:

1. Артемов А., Павлова Н., Сидорова Т. Модульно-рейтинговая система // Высшее образование в России. – 1999. – №4. – С. 121–125.
2. Василевский А.С., Мултановский В.В. Статистическая физика и термодинамика. – М.: Просвещение, 1985.
3. Кронин Дж., Гринберг Д., Телегди В. Сборник задач по физике. – М.: Атомиздат, 1971.

Розділ ІІ

Комп'ютерне моделювання в навчанні фізики

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПАКЕТ MAPLE І МОЖЛИВІСТЬ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ

О.В. Семеніхіна
м. Суми, Сумський державний педагогічний університет ім. А.С. Макаренка
marydru@mail.ru

На сьогоднішній день існує багато математичних пакетів різних спрямувань, які можна використовувати під час вивчення певних дисциплін: це програми-підручники, програми-тренажери, програми-тести, програми дослідницького напрямку. Саме останні дають змогу полегшити рутинні обчислення, візуалізувати певні ідеї чи процеси.

Наведені міркування нами реалізуються під час вивчення математичного пакету MAPLE [1]. Оскільки пакет призначений для діалогової роботи, він має дуже розвинуті діалогові засоби. Опишемо основні:

– ввід команди здійснюється ключовим словом, після якого, як правило, йдуть дужки з указуванням параметрів команди;

– вказівкою до виконання служить «:» або «;»; в обох випадках команди виконуються, але результат її в першому випадку (:) заноситься в пам'ять, у другому (;) додатково виводиться на екран;

– виклик допомоги можливий самими різними шляхами; найбільш універсальним є знаходження підказки у меню. У цьому випадку MAPLE приводить повний синтаксис команди і найпростіші приклади її застосування.

Одним із найцікавіших і ефективних застосувань пакетів символьної математики є використання їхніх графічних можливостей – від демонстрації графіка простої функції до створення мультфільму. Підключення пакета здійснюється командою **with(plots).**

У підпакеті **plots** результатом правильно введеної команди буде побудова малюнка в окремому вікні, що має власне меню графіки.

plot(f(x),x=a. .b) – виводить на екран графік функції **f(x)** в проміжку **(a,b)**;

plot({f1,f2,…},x=a. .b, y=c. .d],<option>) – зображення кількох функцій у прямокутнику a..b × c..d.

plot([fx(t),fy(t),t=a. .b],<option>) – вивід параметрично заданої кривої.

poligonplot([pt1,pt2,…],<options>) – побудова багатокутника, заданого вершинами, причому остання точка з'єднується з першою.

textplot([exprx,expry,string],<options>) – вивід текстового рядка string, починаючи з точки з координатами **exprx**, **expry**.

polarplot([rad,ang,var=a. .b],<options>) – вивід графіка в полярних координатах.

display([pic1,pic2,…],<options>) – виводить на екран декілька створених графічних об'єктів у одній системі координат, при вказівці опції insequense=true об'єкти будуть показуватися один за іншим, складаючи кад-

ри мультфільму.

implicitplot (expr=g,var1=a. .b,var2=c. .d,<option>) - побудова неявно заданої функції в прямокутнику a..b, c..d.

pointplot([[x1,y1,z1],…,[xn,yn,zn]],<options>)– вивід точок на екран, заданих своїми координатами.

Багато опцій виводу (змінити ракурс, колір, тип виведених ліній і тощо) можуть змінюватися інтерактивно в меню графіки, проте в графічному меню не можна вставити або відредагувати слова-написи, змінити число вузлів, змінити колір ліній – ці опції можна визначити тільки в самій команді.

З існуючих елементів Алгол-подібної мови MAPLE складаються лінійні алгоритмічні конструкції, які можна оформити в вигляді процедури. Розгалуження та цикли організуються такими операторами:

Умовний оператор має форму:

if <умова> then <команди1> else <команди2> fi;

де умова – вираз, що має своїм результатом логічну константу «true» або «false»; команди1 – одна або більш команд (загальне число не обмежене), що виконуються у випадку істинного значення умови; команди2 – аналогічна по конструкції послідовність команд, що виконується у випадку хибного значення умови.

Оператор ***циклу***:

for var from val1 by val2 to val3 do команди od;

Тілом оператора циклу є послідовність команд, що стоять між do і od. Тіло циклу виконується при кожному значенні параметра циклу var, що змінюється від val1 із кроком val2 доти, поки не стане більше від val3.

Істотне розширення можливостей пакета забезпечується застосуванням процедур і функцій користувача. Для їхньої реалізації пакет передбачає певний набір конструкцій, із якими можна ознайомитися в довідковій системі.

Використання цього програмного засобу дозволяє більш тісно та наочно врахувати міжпредметні зв'язки [2]. Зокрема, досить багато задач фізики, фізичних процесів чи явищ реалізуються на базі MAPLE з великим ступенем наочності та деталізації, що активізує пізнавальний інтерес студентів. Використання здійснюється як для виконання прямих трудомістких обчислень, так і для демонстрації процесів, пряме спостереження яких неможливе або утруднене шляхом створення власних процедур, за якими студент вивчає тему і при цьому алгоритмізує, впорядковує свої знання. Заняття при цьому носять дослідницький характер.

Нижче приведений приклад процедури, що дозволяє змоделювати політ тіла, кинутого з початковою швидкістю **v** під кутом **a** до горизонту з врахуванням опору повітря (на малюнку бралися значення, які відрізнялись на **0.005**).

В процедурі студент може на власний розсуд змінювати значення всіх трьох параметрів.

```
> p:=proc(v,a);
> n:=200;
```

```
> with(plots);
> s:=array(0..9);
> for i from 0 to 9 do s[i]:=0.005*i od;
> for j from 0 to 9 do
> k:=s[j];
> aa:=array(1..n);
> Aa:=array(1..n);
> vx:=evalf(v*sin(2*Pi*a/180),3);
> vy:=evalf(v*cos(2*Pi*a/180),3);
> g:=10;
> tp:=evalf(2*vy/g,3);
> kt:=tp/n;
> y:=0;
> x:=0;
> for i from 1 to n do
> vy:=vy-g*kt;
> vo:=evalf(sqrt(vx^2+vy^2),3);
> v1:=vo*(1-k);
> vx:=v1*vx/vo;
> vy:=vy*v1/vo;
> x:=x+vx*kt;
> y:=y+vy*kt;
> yy:=y+vy*kt;
> if yy<0 then y:=0 fi;
> aa[i]:=[x,y];
> ll:=convert(aa,list);
> ss:=op(1..i,ll);
> tr[j]:=listplot([ss],color=green);траектория
> od; od;
> AA:=convert(tr,list);
> display(AA);
> end;
> p(100,30);
```

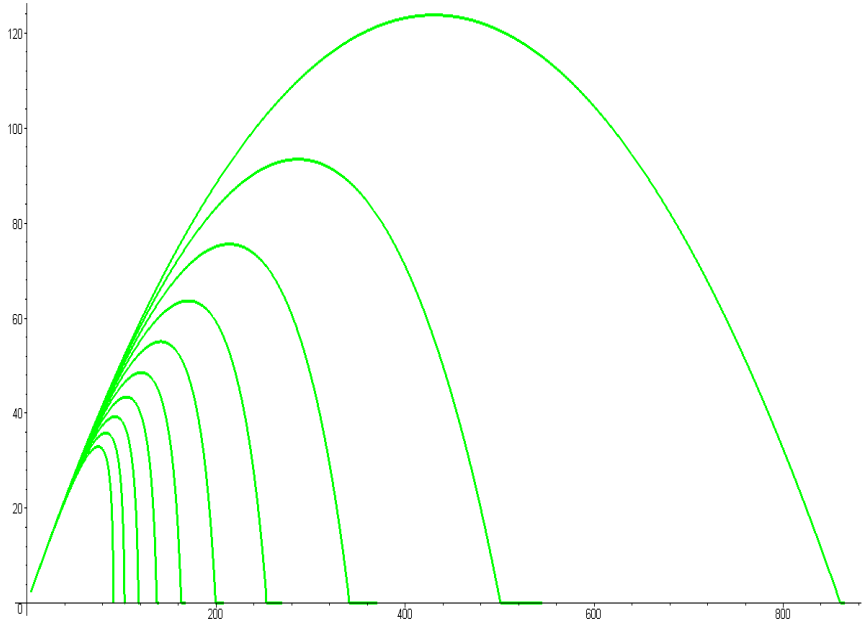
Як приклад роботи процедури приведена послідовність розрахунків траєкторії руху тіла, кинутого під кутом до горизонту з різними опорами повітря (від 0 до 0.04 через 0.005, збільшення К на рисунку зліва направо).

Таке завдання містить в собі кілька важливих аспектів. А саме: студент має розуміти, які обчислення покладені в основу визначення траєкторії руху кинутого тіла, а також має вміти побудувати алгоритм визначення цієї траєкторії. Тобто розв'язування студентом цього завдання забезпечує засвоєння як певного матеріалу курсу фізики, так і алгоритмічного підходу в курсі інформатики.

Література:

1. Дьяконов В.П. Математическая система MAPLE V R3, R4, R5. – М.: СОЛОН, 1998. – 400 с.

2. Семеніхіна О.В. Застосування сучасних програмних пакетів для ПЕОМ при вивченні математичних дисциплін // Наука і сучасність. Збірник наук. праць. НПУ ім. М.П. Драгоманова. – К.: Логос, 1999. – Вип. 2. – Ч. 4. – С. 125-130.



ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКИ ПРИ СОЗДАНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР

Е.Е. Гетманова
г. Харьков, Харьковский национальный университет радиоэлектроники
elge@mail.ru

Физика описывает и изучает поведение объектов в природе на наиболее фундаментальном уровне. Обучение применению физических законов в программировании является необходимым условием для создания реалистичного движения в компьютерной анимации. Поэтому общепризнанной является практика [1, 2] введения в программу подготовки специалистов по компьютерной анимации в качестве базовых знаний законов Ньютона, теории колебаний, тензора инерции и т.д. Физике обучают специалистов по созданию компьютерных игр, и даже Web-страниц, где демонстрируются простые заставки, имитирующие движение объектов.

Поэтому целесообразно, по-видимому, использовать графические программы при изучении физики и обучать студентов написанию программ для компьютерных игр и симуляторов с использованием физических законов. Это и повысит интерес к физике, и будет способствовать интегрированному обучению физики и программирования.

В Харьковском национальном университете радиоэлектроники студенты выполняют лабораторные работы по моделированию физических процессов с использованием Flash (2D-графика). Указания к лабораторным работам содержат коды программ на языке ActionScript [3].

Например, для создания движущегося с постоянной скоростью объекта, следует ввести код

```
xmov=3;
_root.onEnterFrame = function(){
        car._x += xmov;
}
```

Применение второго закона Ньютона позволяет моделировать движение тела под действием сил:

```
var ymov=0;
var mass=10;
var force1=50;
var force2=-31;
var netForce=force1+force2;
var yaccel=netForce/mass;
_root.onEnterFrame=function(){
        ymov+=yaccel;
        ball._y+=ymov;
}
```

Объект двигается под действием приложенных сил (рис. 1).

Далее студенты самостоятельно изменяют массу тела, вводят новые силы и моделируют движение тела в соответствии со вторым законом Ньюто-

на.

Рис. 1

Работа по изучению равноускоренного движения включает в себя два объекта (автомобили), которые стартуют с одинакового расстояния от финишной черты (зеленая полоса), но двигаются с различными ускорениями, и соответственно, достигают финишную черту в разное время (рис. 2). Для каждого из объектов пишется код

```
onClipEvent(load){
var X0=-50;
var Y0=150;
var t=0;
var a=0.5;
var Vy=0;
var Vx=6;
}

onClipEvent(enterFrame){
        _root.ball2._x=X0+Vx*t+a*t*t/2;
        Vx=Vx+a*t;
        X0=_root.ball2._x;
        t+=0.1;
}
```

Рис. 2

Как следует из кода, движение объектов происходит в соответствии с физическими законами. Студенты могут добавить третий объект, изменить

скорости, ускорения и, таким образом, освоить методы моделирования в соответствии с физическими законами.

Изучение принципа независимости движения осуществляется на примере компьютерной игры.

При загрузке игры положения лодки и башни задаются случайным образом, *x*-координаты этих объектов выводятся на игровое поле. Также случайно задается скорость течения реки. Величина скорости течения выводится на игровое поле. Ширина реки и скорость лодки заданы и приводятся как текстовые строки на игровом поле. Направление движения лодки (угол, между векторами скоростей реки и лодки) вводится игроком в строку текста ввода. Лодка начинается двигаться и если достигает башни, то на башне появляется красный флаг, а на игровом поле появляется надпись WINNER. В ином случае лодка достигает противоположного берега и исчезает (рис. 3).

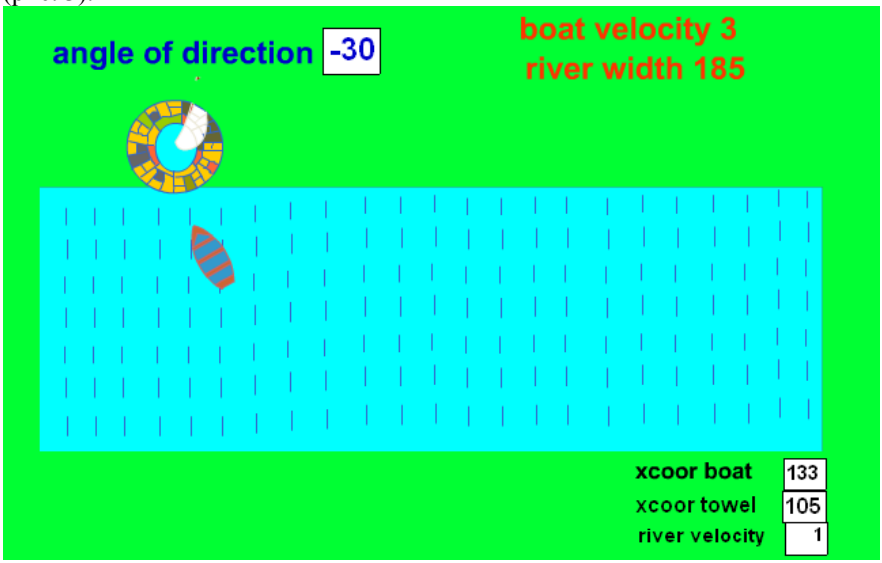


Рис. 3

В данном случае движение лодки описывается в соответствии с законом сложения скоростей, что и отражено в коде программы

```
onClipEvent(load){
        logic=false;
}

onClipEvent(enterFrame){
                if (this._rotation=Number(_root.num.text)){
        logic=true;}
        if (logic==false){
```

```
                _root.boat._x=_root.boat._x;
                _root.boat._y=_root.boat._y;
        }
        if (logic==true){
                radians=(Math.PI*(_root.num.text))/180;
                trace(radians);
        _root.boat._x=_root.boat._x+5*(Math.sin(radians))+
                                Number(_root.river_vel.river_vel.text);
                trace(_root.river_vel.river_vel.text);
        _root.boat._y=_root.boat._y-5*(Math.cos(radians));
        }
}
```

При выполнении работы студенты могут изменить скорость лодки, ширину реки, варьировать пределы, в которых изменяется скорость реки.

Характер движения объекта зависит от угла между направлением начальной скорости и приложенной силы.

Для демонстрации движения создана сцена, включающая шарик и два вектора, которые показывают направления начальной скорости и силы, соответственно. На игровое поле выводится вектор силы, его модуль и направление, вектор скорости, его модуль и направление (рис. 4).

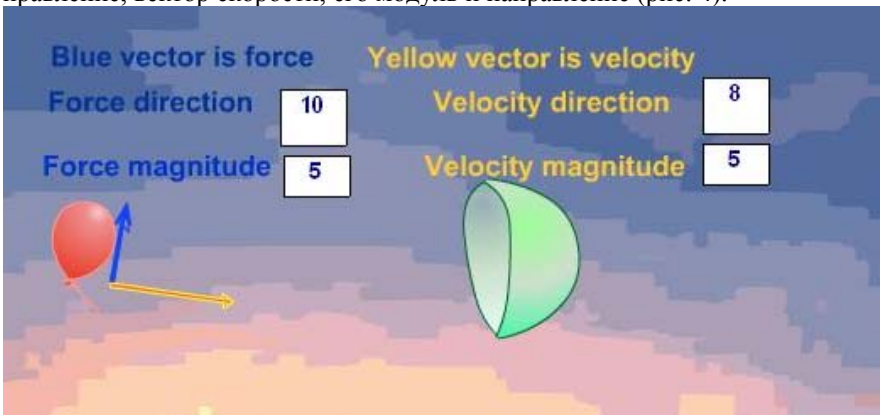


Рис. 4

Амплитуды и направления силы и скорости задаются произвольно, их значения выводятся на экран через динамический текст. Коды для силы и начальной скорости, имеют вид

```
onClipEvent(load)
{
        this._x = _root.ballon._x;
        this._y =_root.ballon._y;
        angle1=0;
        angle1=Math.floor(Math.random()*90);
        this._rotation = angle1;
```

```
}
```

Движение шарика задается в соответствии со вторым законом Ньютона

```
onClipEvent(load)
{
        var mass=10;
        this._force=Number(_root.force_value.force_txt.text);
        this._velocity =Number(_root.velocity_value.force_txt.text);
        var t=0.1;
        var X0 =20;
        var Y0 =150;
        radians1=(Math.PI*(_root.force_arrow._rotation))/180;
        radians=(Math.PI*(_root.velocity_arrow._rotation))/180;
        trace(radians);
        velocityX0=this._velocity*Math.cos(radians);
        velocityY0=this._velocity*Math.sin(radians);
}
onClipEvent(enterFrame)
{
        accelX=this._force*Math.sin(radians1)/mass;
        accelY=this._force*Math.cos(radians1)/mass;
        velocityX=velocityX0+accelX*t;
        velocityY=velocityY0-accelY*t;
        this._x =X0+velocityX*t+accelX*t*t/2;
        this._y =Y0+velocityY*t-accelY*t*t/2;
        velocityX0=velocityX;
        velocityY0=velocityY;
        X0=this._x;
        Y0=this._y;
}
```

Таким образом, при инициализации игры предсказать движение шарика достаточно трудно, так как величина и направления силы и начальной скорости задаются произвольно. Для придания игрового эффекта вводится сетка для ловли шарика. С помощью сетки игрок может поймать шарик, пока он не покинул пределы игрового поля. Если игрок ловит шарик, то шарик пропадает.

Данная работа может быть усложнена введением еще одной силы.

Помимо освоения методов моделирования физических процессов, работы с использованием компьютерной графики оказываются весьма полезными для понимания физических явлений и могут использоваться как демонстрационные ролики при объяснении материала. Например, при изучении движения тела, брошенного под углом к горизонту, можно использовать фильм, моделирующий движение тела при различных начальных скоростях и углах (рис. 5).

Таким образом, использование компьютерной графики при изучении физики делает физические процессы наглядными, помогает осваивать методы физического и компьютерного моделирования, повышает интерес студентов к физике.

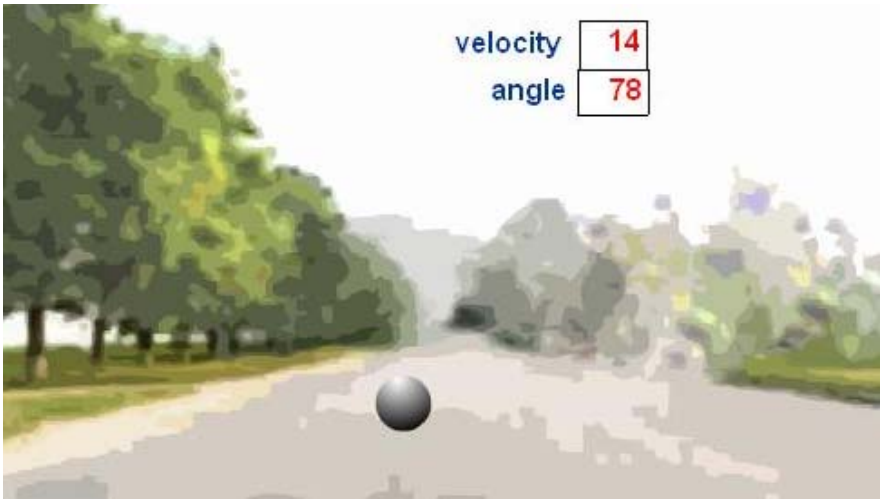


Рис. 5

Литература:

1. Пэрент Рик. Компьютерная анимация. – М.: Кудиц-образ, 2004.

2. Макар Джоб. Секреты разработки игр в Macromedia Flash MX. – М.: Кудиц-образ, 2004.

3. Китинг Джоди. Flash MX. Искусство создания Web-сайтов. – М.: DiaSoft, 2003.

4. Гетманова Е.Е. Hint for laboratory physics computer works, based by Flash MX, 3D MAX, MathCAD. – Харьков: ХНУРЭ, 2004.

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС РОЗВ'ЯЗУВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ

Ю.В. Єчкало
м. Київ, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова
uliaechk@mail.ru

Відповідно до сучасної концепції та проекту державного стандарту фізичної освіти в Україні посилені вимоги до розвитку наукового мислення учнів, ознайомлення їх з методами наукового пізнання та методологією науки. Це має сприяти більш глибокому розумінню школярами наукових фактів, теорій, взаємозв'язку і послідовності етапів пізнання в цілому, у формуванні пізнавальних навичок та умінь. Виконати таке завдання можливо тільки завдяки посиленню практичної частини шкільного курсу фізики, зокрема більш широкому використанню фізичних задач на уроках та в позакласній роботі [1].

Розв'язування задач вчить аналізувати явища, розвиває логічне мислення, кмітливість, творчу фантазію, вміння застосовувати теоретичні знання для пояснення явищ природи, побуту, техніки, розширює технічний кругозір учнів, готує їх до практичної діяльності. Вдале застосування задач підвищує інтерес учнів до фізики та підтримує активне сприйняття ними навчального матеріалу [2].

Фізичною задачею О.І. Бугайов називає «невелику проблему, яка в загальному випадку розв'язується за допомогою логічних умовиводів, математичних дій та експерименту на основі законів та методів фізики» [3, 207]. А.В. Усовою і Н.М. Тулькібаєвою фізична задача визначається як «ситуація, що вимагає від учнів мислених і практичних дій на основі використання законів і методів фізики, спрямованих на оволодіння знаннями з фізики, вміннями застосовувати їх на практиці і розвиток мислення» [4, 6]. Однак встановити інваріантні характеристики задачі серед множини всіх можливих означень дозволяє означення навчальної задачі як «знакової фізичної моделі переходу від вихідного до модельованого стану фізичних об'єктів і відношень» [5, 37].

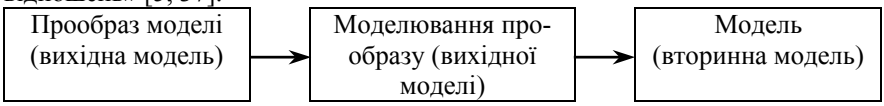


Рис. 1. Модельна (змістовна) інтерпретація структури навчальних фізичних задач

Поняття задачі і модельного пізнання, власне моделі, знаходяться у генетичному зв'язку. Різні задачі пов'язані з різними за змістом моделями, які складають нескінченну множину адекватних між собою моделей, віднесену до конкретного об'єкта. Конкретній парі задача – об'єкт теж відповідає ба-

гато моделей, які містять в принципі одну і ту ж інформацію, але різних за формою її представлення або відтворення (вербально, таблицею, графіком, формулою, алгоритмом). Умови і вимоги задачі несуть ще одне дуже важливе навантаження: вони в основному визначають обмеження і допуски, присутні у процесі побудови будь-якої моделі. Обмеження і припущення, пов'язані з розв'язуваною задачею і властивостями об'єкта, є органічною складовою об'єкта.

Автори [5] змістовним «ядром» методів розв'язування задач вважають метод моделювання. Саме фізична задача містить у собі не лише готову вихідну модель (ілюстрацію) фізичної ситуації, а й «крок» безпосереднього динамічного моделювання, що полягає у з'ясуванні суттєвих внутрішніх відношень моделі і встановленні та застосуванні на цій основі певної фізичної закономірності, закону тощо. Найзагальніші, загальнотеоретичні підходи теж у своїй основі ґрунтуються на моделюванні. Ними зазначається також, що, паралельно із застосуванням як загальнонаукового методу, моделювання може відігравати роль способу чи навіть засобу розв'язування фізичних задач.

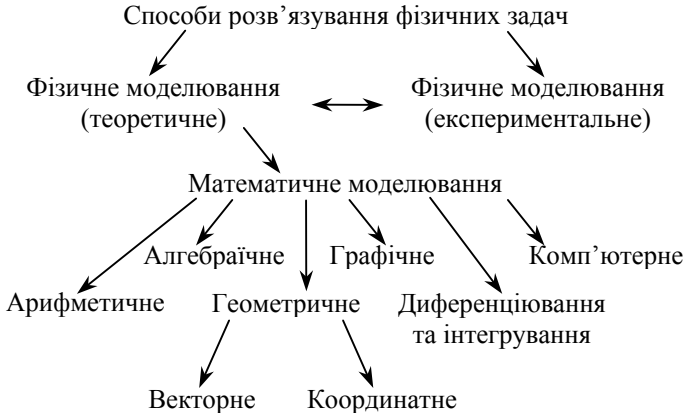


Рис. 2. Система способів розв'язування фізичних задач як засобів реалізації методу моделювання

Розглядаючи у найбільш загальних рисах структуру процесу моделювання, визначають такі її складові:

– актуалізація знань про об'єкт-оригінал;

– вибір інформаційної моделі з числа існуючих або створення такої моделі;

– дослідження моделі; перенесення даних, що їх було одержано при дослідженні моделі, на оригінал; перевірка істинності даних, одержаних за допомогою моделі і включення їх до системи знань про оригінал.

Традиційна послідовність дій з розв'язування фізичних задач також складається з декількох етапів:

1. Вивчення умови, короткий запис даних за допомогою прийнятих позначень. На цьому етапі необхідно усвідомити той факт, що короткий запис умови є етапом її формалізації, кодування, створення знакової моделі задачі, формулювання задачі мовою фізики.

2. Докладний всебічний розгляд фізичних явищ і процесів, про які йде мова в задачі. Такий розгляд повинен відбуватися на рівні фізичних моделей і моделювання.

3. Знаходження закономірності (закону, формули, правила), що описує дане явище або процес. Для того, щоб віднайти закономірність, що описує явище або процес, розглядуваний в задачі, необхідно:

а) створювати моделі задачі у процесі її послідовного перетворення, переформулювання або на рівні підзадач до вихідної задачі;

б) отримані моделі послідовно співвіднести з ідеальною відомою аналогічною розв'язуючою моделлю. Одним із важливих механізмів встановлення аналогічності і підбору ідеальної моделі є асоціювання;

в) враховувати, що створені моделі здатні відігравати самостійну роль у ефективному розв'язуванні фізичної задачі;

г) пам'ятати, що навіть під час розв'язування окремо взятої задачі розв'язувач має насправді справу з їх певною системою (переформульованих, підзадач, аналогічних, обернених і т. п.).

Тренувальні задачі вимагають спрощених або вже формалізованих модельних уявлень на рівні лише описово-ілюстративної наочності, але у випадку творчих задач рівень моделей стає вищим, а роль моделювання в цілому зростає.

4. Перевірка визначеності системи складених рівнянь або відповідності кількості рівнянь числу невідомих, використання даних умови задачі для складання у випадку необхідності додаткових рівнянь, розв'язок системи рівнянь у загальному вигляді, тобто отримання розрахункової формули. Усвідомлення співвідношення і відповідності фізичної і математичної моделей розв'язку задачі.

5. Отримання значення шуканої величини, аналіз відповіді задачі [5].

Фізична пізнавальна задача, таким чином, є невід'ємним структурним елементом узагальненої фізичної моделі та процесу її побудови (моделювання). Це одночасно і модель як результат, і моделювання як процес.

Розвиток комп'ютерної техніки, поширення її використання у навчальних закладах створили передумови для формування єдиної методичної системи розв'язування і складання фізичних задач. Нові інформаційні технології навчання розширили навчально-пізнавальні можливості учнів, дозволили підняти організацію навчального процесу на якісно новий рівень. Оскільки нові технології включають універсальні засоби опрацювання інформації, то

відкриваються перспективи широкої диференціації навчання, розкриття творчого потенціалу, інтелектуальних здібностей кожного окремого учасника навчального процесу. З'явилась можливість не тільки прискорити процес розв'язування задачі за рахунок скорочення часу на математичні обчислення, а q проводити її дослідження як комп'ютерної математичної моделі.

Література

1. Анісімов А.Ю., Редько Г.Б., Толпекіна Г.М. Як складати і розв'язувати задачі з фізики: Навчально-методичний посібник. – Одеса, 2002. – 124 с.
2. Тульчинский М.Е. Качественные задачи по физике в средней школе. Пособие для учителей. Изд. 4-е, переработ. и доп. – М.: Просвещение, 1972. – 240 с.
3. Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе: Теорет. основы: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по физ.-мат. спец. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.
4. Усова А.В., Тулькибаева Н.Н. Практикум по решению физических задач. – М.: Просвещение, 1992.
5. Розв'язування навчальних задач з фізики: питання теорії і методики // С.У. Гончаренко, Є.В. Коршак, А.І. Павленко, О.В. Сергєєв, В.І. Баштовий, Н.М. Коршак / За заг. ред. Є.В. Коршака. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2004. – 185 с.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХІВ ТІЛ В ЦЕНТРАЛЬНОМУ ПОЛІ ЗІ ЗМІННИМ ПОТЕНЦІАЛОМ

І.О. Теплицький, С.О. Семеріков
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
cc@kpi.dp.ua

Постановка проблеми. Доцільність ознайомлення школярів з технологією комп'ютерного моделювання при вивченні фізики сьогодні вже не потребує спеціальної аргументації, скоріше актуальною є потреба в обговоренні змістового наповнення відповідного навчального курсу комп'ютерного моделювання. Нагадаємо лише провідну ідею: в тих випадках, коли експериментування з реальними об'єктами виявляється практично неприйнятним або принципово неможливим, експерименти проводять з математичними моделями цих об'єктів. Якщо в такій діяльності застосовують комп'ютер, то говорять про *комп'ютерне моделювання*, а відповідне дослідження називають *обчислювальним експериментом*.

Останні десять років автори регулярно публікують у педагогічних виданнях матеріали за цією тематикою ([4–8] та інші). Зокрема, в [7] йшлося про вивчення в умовах загальноосвітньої школи рухів тіл під дією сили всесвітнього тяжіння і досліджувалося питання про вигляд всіх можливих траєкторій. На ряді прикладів з поступовим ускладненням від простого випадку, коли маси тіла-супутника і центрального тіла є несумірними (рух штучного супутника навколо планети або рух планети навколо Сонця), до більш складного прикладу – руху системи тіл із сумірними масами (планета – природний супутник або компоненти системи «подвійна зірка») на основі обчислювального експерименту, який складав суть процесу дослідження, були отримані такі результати:

– розраховані й побудовані траєкторії відповідних рухів;

– доведена відповідність цих рухів законам Кеплера;

– показана необхідність переходу до системи відліку, пов'язаної зі спільним центром мас у випадках тіл із сумірними масами;

– проілюстрована «всесвітність» закону тяжіння.

Пропонований матеріал є логічним продовженням [7]. В ньому йдеться про узагальнення закону всесвітнього тяжіння на випадок довільного показника степеня k для відстані r між тілами:

$$F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{r^k}. \qquad (1)$$

Поставлену проблему можна сформулювати і так: як би рухалися тіла Сонячної системи, якби гравітаційна взаємодія відбувалася за законом (1) при довільному k?

Основною метою дослідження поставимо питання про можливі значення k та про вигляд можливих траєкторій рухів.

Така постановка проблеми дослідження виходить далеко за межі шкільних курсів фізики й математики і фактично є об'єктом курсу теоретичної фізики (наприклад, [2, 48-49]). Тому дослідження комп'ютерних моделей є єдиними методом, що дозволяє усунути багато ускладнень, пов'язаних з обмеженим математичним апаратом школярів. Не претендуючи на повноту і вичерпність докладного теоретичного аналізу, обмежимось якісними результатами.

Основна частина. З урахуванням ІІ закону Ньютона

$$\boldsymbol{a} = \frac{\boldsymbol{F}}{m}, \qquad (2)$$

спочатку розглянемо згаданий простий випадок, стосовно якого приймемо наступні припущення:

Припущення 1. Будемо вважати масу супутника набагато меншою за масу центрального тіла: $m_{супут} << m_{ц.т.}$. Це дозволить не розглядати рух центрального тіла: адже прискорення, що їх надають одне одному два тіла при взаємодії, обернено пропорційні їхнім масам.

Припущення 2. Будемо вважати, що відстань між центрами тіл значно перевищує їхні розміри, тобто вважатимемо тіла матеріальними точками. Це забезпечить прості умови застосовності закону всесвітнього тяжіння.

Припущення 3. Будемо нехтувати опором середовища, адже реально штучні супутники планет рухаються у надзвичайно розріджених шарах планетних атмосфер, а природні супутники – взагалі поза атмосферами.

Припущення 4. Будемо також нехтувати впливом інших тіл Сонячної системи на дані два тіла. У такому разі на тіло-супутник діятиме тільки одна сила.

Покажемо, як засобами чисельного аналізу можна розрахувати рух тіла-супутника навколо центрального тіла, тобто одержати уявлення про вигляд можливих траєкторій.

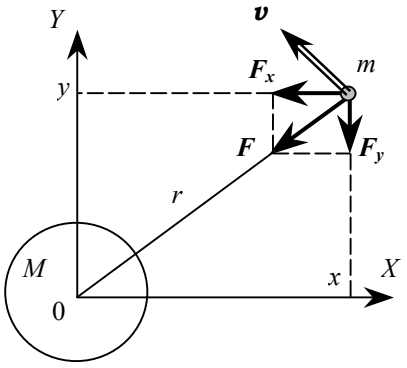


Рис. 1.

Нагадаємо, що рух супутника відбувається у площині, в якій лежать вектор $\boldsymbol{v}$ швидкості супутника і центр планети. В цій самій площині лежить і вектор $\boldsymbol{F}$ сили тяжіння. Опис такого руху здійснимо в прямокутній системі координат з початком у центральному тілі (рис. 1).

Тут $\boldsymbol{F}_x$ і $\boldsymbol{F}_y$ – складові вектора сили тяжіння $\boldsymbol{F}$; M, m – відповідно маси центрального тіла й супутника; $\boldsymbol{v}$ – вектор орбітальної швидкості супутника.

Положення супутника визна-

чається двома координатами x, y; при цьому знаки проекцій F_x і F_y протилежні знакам координат.

З подібності трикутників маємо: $\frac{F_x}{|F|} = -\frac{x}{r}$, $\frac{F_y}{|F|} = -\frac{y}{r}$, що разом з (1) дає

$$F_x = -GMm \cdot x / r^{(k+1)}; \qquad F_y = -GMm \cdot y / r^{(k+1)}.$$

Для визначення проекцій прискорення скористаємось (2):

$$a_x = -GM \cdot x / r^{(k+1)}; \qquad a_y = -GM \cdot y / r^{(k+1)}, \tag{3}$$

а відстань r між тілами визначатимемо за теоремою Піфагора: $r = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Тоді

$$a_x = GMx\left(x^2 + y^2\right)^{\frac{k+1}{2}}, \qquad a_y = GMy\left(x^2 + y^2\right)^{\frac{k+1}{2}} \tag{4}$$

Система рівнянь (4) *є математичною моделлю руху тіла-супутника.*

Конкретизуємо задачу і дослідимо рух Землі навколо Сонця.

Учням відомо, що тіло стає супутником, якщо у початковий момент орбітального руху йому надати першої космічної швидкості $\upsilon_{1к}$, значення якої звичайно знаходять за умови, що сила тяжіння забезпечує необхідне доцентрове (нормальне) прискорення:

$$G\frac{M \cdot m}{r^k} = \frac{m\upsilon^2}{r},$$

звідки

$$\upsilon_y(0) = \upsilon_{1к} = \sqrt{GM / r^{(k-1)}}. \tag{5}$$

Нехай цей момент відповідає перетину орбіти супутника з віссю абсцис.

Обчислювальний експеримент

Середовищем для моделювання залишимо електронні таблиці. Не повторюючи схему обчислень з [7], зазначимо тільки головне.

1. Обчислення координат x, y точок орбіти будемо виконувати за відомою циклічною схемою *прискорення → швидкість → координата.*

2. Для зберігання початкових значень змінних $\upsilon_x(0)$, $\upsilon_y(0)$, $x(0)$ та $y(0)$ виділяємо в таблиці окремі комірки, розташовані під умовою, причому значення $\upsilon_y(0)$ обчислюватиметься автоматично за модифікованою формулою (5), яку необхідно буде створити у відповідній комірці.

Зазначимо вхідні дані та початкові умови для системи тіл Сонце–Земля:

$$M = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}, \; m = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}, \; r = 1{,}5 \cdot 10^8 \text{ м}.$$

Крок збільшення часу Δt будемо добирати експериментально

Нехай у початковий момент часу ($t = 0$) маємо:

$x_1(0)=0$, $y_1(0) = 0$, $x_2(0) = r$, $y_2(0) = 0$, $\upsilon_{1x}(0) = 0$, $\upsilon_{2x}(0) = 0$, $\upsilon_{1y}(0) = 0$, $\upsilon_{2y}(0)=\upsilon_{1к}$.

Тут індекси 1 відносяться до центрального тіла (Сонця), а індекси 2 – до тіла-супутника (Землі).

Ключові комірки цієї таблиці мають такий уміст:

комі-рка	формули / числа	примітки
H7	=2	значення ***k***
H8	=0	
H9	=(H2*H4/H6^(H7-1))^0,5	$\upsilon_{1к}$ – перша космічна
H10	=H6	
H11	=0	копіювати в A3 і A4
A2	=-$H$2*$H$4*E2/((КОРЕНЬ((E2)^2+(F2)^2))^($H$7+1))	копіювати в B3 і B4
B2	=-$H$2*$H$4*F2/((КОРЕНЬ((E2)^2+(F2)^2))^($H$7+1))	
C2	=$H$7	
D2	=$H$8	
E2	=$H$9	
F2	=$H$10	
C3	=C2+A2*$H$3*0,5	
D3	=D2+B2*$H$3*0,5	копіювати в E4
E3	=E2+C3*$H$3	копіювати в F4
F3	=F2+D3*$H$3	
C4	=C3+A3*$H$3	
D4	=D3+B3*$H$3	

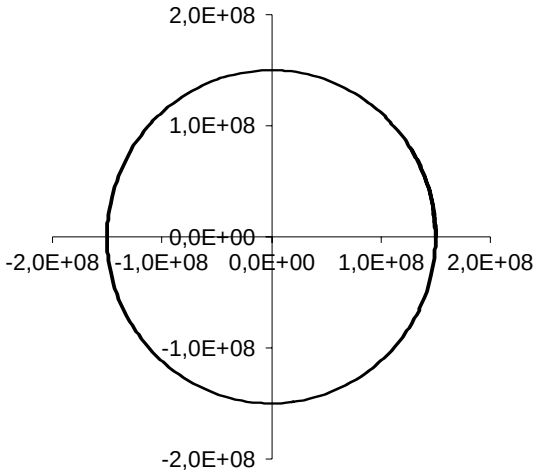
Порядок роботи.

1. Заповнити комірки H2–H7.

2. Заповнити комірки згідно наведеної вище таблиці.

3. Всі формули 4-го рядка (від A4 по F4) копіювати у наступні 200 рядків.

4. Маючи заповнену таблицю, будуємо графік за даними стовпців E та F.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	a_{2x}	a_{2y}	v_{2x}	v_{2y}	x_2	y_2	*Дано:*	
2	-5931	0	0	943186	1,50E+08	0,00E+00	G =	6,67E-11

	A	B	C	D	E	F	G	H
3	-5927	-205	-16309	943186	1,50E+08	5,19E+06	Δt =	5,5
4	-5916	-410	-48908	942058	1,50E+08	1,04E+07	m_1 =	2,0E+30
5	-5899	-614	-81449	939803	1,49E+08	1,55E+07	m_2 =	6,0E+24
6	-5874	-818	-113892	936424	1,49E+08	2,07E+07	r =	1,5E+08
7	-5842	-1021	-146199	931926	1,48E+08	2,58E+07	***k*** =	**2,0**
8	-5803	-1222	-178331	926312	1,47E+08	3,09E+07	$\upsilon_{2x}(0)$=	0
9	-5758	-1422	-210249	919591	1,46E+08	3,60E+07	$\upsilon_{2y}(0)$=	9,43E+05
10	-5705	-1620	-241916	911770	1,44E+08	4,10E+07	$x_2(0)$=	1,5E+08
11	-5645	-1817	-273293	902859	1,43E+08	4,59E+07	$y_2(0)$=	0
…	…	…	…	…	…	…		

Рис. 2.

Враховуючи, що в досліджуваній моделі формули для прискорень a_x і a_y та для першої космічної швидкості $\upsilon_{Iк}$ модифіковані, маємо розглядати рис. 2 як тест на перевірку нових формул при звичайному значенні k = 2,0.

Поклавши k = 1,5 і Δt = 0,05 с, отримуємо схожий результат.

Можна переконатися в тому, що *формально колова траєкторія існує для будь-яких значень k.* Зокрема, при k = 1 слід було б узяти $\Delta t \approx 0{,}0005$ с, а при k = 2,2 $\Delta t \approx 50$ і т.д. Висновок про існування колових траєкторій є дійсно формальним: якщо простежити за тим, яких значень набуває $\upsilon_{Iк}$ в описаних експериментах (комірка H7), то виявляється, що в міру зменшення k відбувається швидке зростання орбітальної швидкості аж до $c = 3\cdot10^8$ м/с і більше, а це принципово неможливо. Таким чином, модель перестає адекватно описувати досліджуване явище. Такі занадто великі значення $\upsilon_{Iк}$ ми повинні сприймати всього лише як результати обчислень за наведеною формулою і ні в якому разі не приписувати об'єкту властивості неадекватної моделі.

Знов виконаємо тестування. Показник степеня залишимо з попереднім значенням k = 2, проте збільшимо орбітальну швидкість тіла-супутника $\upsilon_{y2}(0)$ так, щоб задовольнялась умова замкнутої траєкторії $\upsilon_{Iк} < \upsilon_y(0) < \sqrt{2}\ \upsilon_{Iк}$. Орбіта має набути еліптичної форми. Нагадаємо, що тут $\upsilon_{IIк} = \sqrt{2}\ \upsilon_{Iк}$ – друга космічна швидкість. То ж збільшимо попереднє значення $\upsilon_y(0)$, наприклад, в 1,25 рази. Для цього відредагуємо формулу в комірці H9. А саме:

=(H2*H4/H6^(H7-1))^0,5*1,25. (6)

Результат показано на рис. 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	a_{2x}	a_{2y}	υ_{2x}	υ_{2y}	x_2	y_2	***Дано:***	
2	-5931	0	0	1178983	1,50E+08	0,00E+00	G =	6,672E-11
3	-5806	-920	-59307	1178983	1,49E+08	2,36E+07	Δt =	20
4	-5451	-1755	-175418	1160585	1,45E+08	4,68E+07	m_1 =	2,00E+30
5	-4920	-2442	-284431	1125480	1,40E+08	6,93E+07	m_2 =	6,00E+24
6	-4283	-2948	-382824	1076641	1,32E+08	9,08E+07	r =	1,50E+08
7	-3609	-3273	-468482	1017680	1,23E+08	1,11E+08	***k*** =	**2,00**

	A	B	C	D	E	F	G	H
8	-2951	-3438	-540652	952223	1,12E+08	1,30E+08	$v_{2x}(0)=$	0
9	-2345	-3475	-599664	883468	9,98E+07	1,48E+08	$v_{2y}(0)=$	1,18E+06
10	-1809	-3419	-646555	813966	8,69E+07	1,64E+08	$x_2(0)=$	1,500E+08
11	-1349	-3300	-682729	745585	7,32E+07	1,79E+08	$y_2(0)=$	0
…	…	…	…	…	…	…		

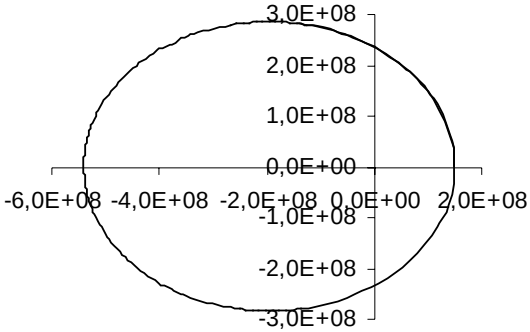
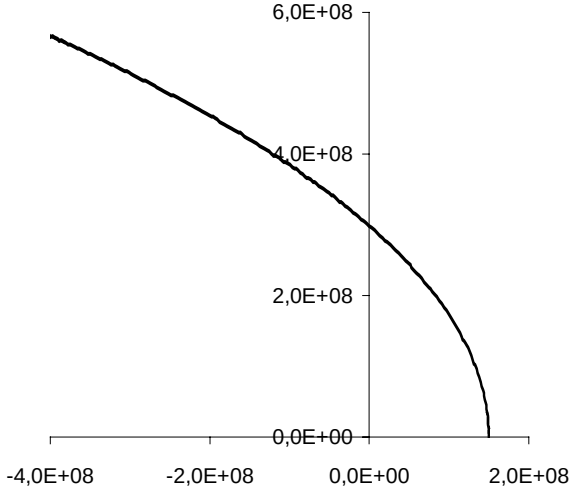


Рис. 3.

Якщо початковій швидкості надати значення $\upsilon_y(0) = \sqrt{2}\ \upsilon_{1к}$, тобто ввести до H9 нового множника =(H2*H4/H6^(H7-1))^0,5*2^0,5, одержуємо параболічну траєкторію (рис. 4).

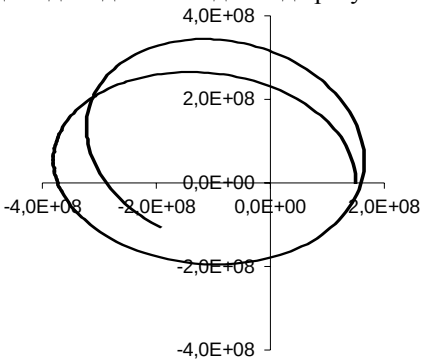


	A	B	C	D	E	F	G	H
1	a_{2x}	a_{2y}	v_{2x}	v_{2y}	x_2	y_2	***Дано:***	
2	-5931	0	0	1330000	1,50E+08	0,00E+00	$G =$	6,672E-11
3	-5919	-263	-14827	1330000	1,50E+08	6,67E+06	$\Delta t =$	5

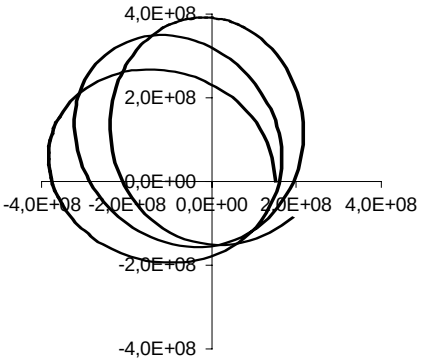
	A	B	C	D	E	F	G	H
4	-5884	-523	-44422	1328687	1,50E+08	1,33E+07	m_1 =	2,00E+30
5	-5827	-777	-73844	1326075	1,49E+08	2,00E+07	m_2 =	6,00E+24
6	-5749	-1025	-102981	1322187	1,49E+08	2,66E+07	r =	1,50E+08
7	-5650	-1263	-131725	1317062	1,48E+08	3,32E+07	$\boldsymbol{k}$ =	**2,00**
8	-5533	-1490	-159975	1310747	1,47E+08	3,98E+07	$v_{2x}(0)$=	0
9	-5398	-1703	-187638	1303299	1,46E+08	4,63E+07	$v_{2y}(0)$=	1,33E+06
10	-5249	-1902	-214631	1294784	1,45E+08	5,28E+07	$x_2(0)$=	1,500E+08
11	-5087	-2086	-240877	1285275	1,44E+08	5,93E+07	$y_2(0)$=	0
12	-4915	-2253	-266314	1274847	1,43E+08	6,57E+07		
...	...	...	...	...	...	...		

Рис. 4.

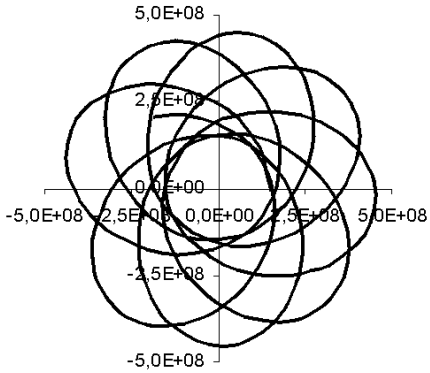
Отже, можна вважати, що модель з модифікованими формулами (1), (4), (5) пройшла тестування, оскільки зазначені формули при $k = 2$ приводять до відомих заздалегідь результатів.

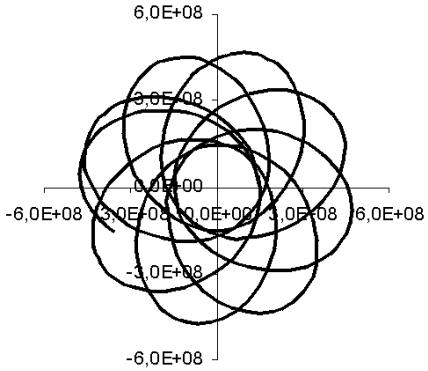


а) Δt = 3 с



б) Δt = 5 с





в) Δt = 15 с *г*) Δt = 17 с

Рис. 5.

Перейдемо, нарешті, до експериментів з $k < 2$.

Нехай k =1,8, $\upsilon_y(0) = 1{,}25\upsilon_{\text{к}}$ у відповідності до (8) і Δt = 3 с.

Результати моделювання на рис. 5 (*а* – *г*).

Рис. 5*а* показує, що тіло-супутник, виконавши один оберт уздовж еліпса, не потрапляє у початкову точку, оскільки велика вісь еліпса за цей час повертається на деякий кут $\Delta\varphi$ відносно центрального тіла (точки 0; 0).

Саме за такими траєкторіями мали б рухатись планети навколо Сонця або штучні супутники навколо планет.

Обговорюване питання розглядається в курсі теоретичної фізики [2, 48-49]. Зокрема зазначається, що кут $\Delta\varphi$ завжди монотонно змінюється з часом і ніколи не міняє знак.

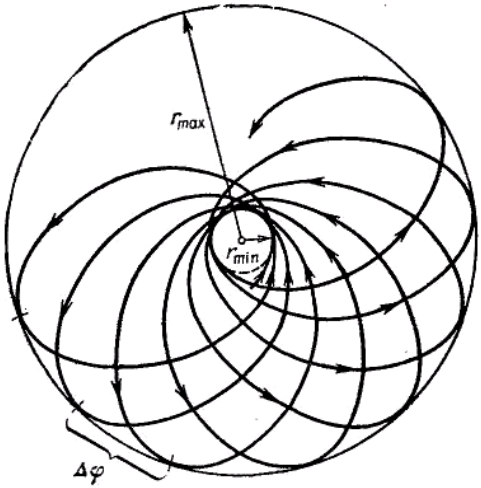


Рис. 6

Якщо область допустимої зміни r обмежена лише однією умовою $r \geq r_{max}$ то траєкторія приходить із нескінченості і йде на нескінченість.

Якщо область зміни r має дві границі r_{min} і r_{max}, то траєкторія цілком лежить всередині кільця, обмеженого колами $r = r_{max}$ і $r = r_{min}$ (рухи вздовж таких траєкторій називають фінітними). Це, однак, не означає, що траєкторія неодмінно є замкнутою кривою. За час, протягом якого r змінюється від r_{max} до r_{min} і потім знову до r_{max}, радіус-вектор повернеться на кут $\Delta\varphi$.

Умова замкнутості траєкторії полягає в тому, щоб цей кут дорівнював раціональній частині від 2π, тобто мав вигляд $\Delta\varphi = 2\pi m / n$, де m, n – цілі числа. Тоді через n повторень цього періоду часу радіус-вектор точки, виконавши m повних обертів, співпаде зі своїм початковим значенням, тобто траєкторія замкнеться.

Однак такі випадки виняткові, і при довільному значенні кут $\Delta\varphi$ не є раціональною частиною від 2π. Тому в загальному випадку траєкторія фінітного руху не замкнута. Вона нескінчену кількість разів проходить через мінімальну і максимальну відстань (як, наприклад, на рис. 6) і за нескінчений час заповнює все кільце між двома граничними колами.

Існують лише два типи центральних полів, у яких всі траєкторії фінітних рухів замкнені. Це поля, в яких потенціальна енергія частинки пропорційна $1/r$ або r^2. Перший з цих випадків відповідає $k = 2$ (світ, у якому ми живемо).

Висновки

1. Багато задач про рухи тіл під дією *змінних* сил можуть бути розв'язані наближено з достатньо високою точністю за допомогою чисельного аналізу, коли застосування аналітичних методів виявляється з різних причин неможливим. Саме тому автори факультативних курсів фізики (наприклад, [1, 81–90]) вважають доцільним ознайомлення школярів з основами чисельного аналізу.

2. Постановка проблеми дослідження виходить за межі шкільних курсів фізики й математики і фактично є об'єктом курсу теоретичної фізики. Тому дослідження комп'ютерних моделей виявляється єдиним методом, що дозволяє усунути багато ускладнень, пов'язаних з обмеженим математичним апаратом школярів.

Література:

1. Кабардин О.Ф. и др. Факультативный курс физики, 8 кл.: Пособие для учащихся. – М.: Просвещение, 1973. – 206 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособие. – В 10-ти т.: Т. 1. Механика. – 4-е изд., испр. – М.: Наука, 1988. – 216 с.
3. Соловйов В.М., Семеріков С.О., Теплицький І.О. Інструментальне забезпечення курсу комп'ютерного моделювання // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2000. – №2. – С. 28–32.

4. Теплицький І.О. Елементи комп'ютерного моделювання: Навч. посібник. – Кривий Ріг: КДПУ, 2005. – 208 с.
5. Теплицький І.О., Семеріков С.О. Факультативний курс "Основи комп'ютерного моделювання" // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського держ. пед. ун-ту: Серія педагогічна. Вип. 8: Дидактики дисциплін фізико-математичної та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський держ. пед. ун-т, інформаційно-видавничий відділ, 2002. – С. 210-217.
6. Теплицький І.О., Семеріков С.О. Методика ознайомлення школярів з поняттям фазового простору в курсі фізики // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського держ. ун-ту: Серія педагогічна. Вип. 9: Методологічні принципи формування фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх учителів фізики та астрономії. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський держ. ун-т, інформаційно-видавничий відділ, 2003. – С. 163-165.
7. Теплицький І.О., Семеріков С.О. Комп'ютерне моделювання руху тіл під дією сили всесвітнього тяжіння // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського держ. ун-ту: Серія педагогічна. Випуск 10: Дидактики дисциплін фізико-математичної та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2004. – С. 166-172.
8. Теплицький І.О., Семеріков С.О. Задача про політ паперового літачка // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського держ. ун-ту: Серія педагогічна. Випуск 11: Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2005. – С. 264-272.
9. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1967. – Т. 1. – 267 с.
10. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения с ответами и решениями. – М.: Мир, 1969. – 624 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ФІЗИКИ В УМОВАХ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В.М. Барановський, С.Ю. Василівський, С.М. Грищенко
м. Київ, Європейський університет
phys_lab@eufimb.kiev.ua

Сучасні освітні технології, які активно запроваджуються в практику навчання, мають досить повно використовувати можливості нових інформаційних технологій, які базуються на широкому застосуванні комп'ютерної техніки, предметно-орієнтованого програмного забезпечення та створення на їх базі навчально-моделюючих систем [1].

В зв'язку з введенням у вищих навчальних закладах освіти України кредитно-модульної системи, при вивчення фізики виникає проблема фізичного лабораторного практикуму – існуючі підходи до його проведення з точки зору кредитно-модульної системи неприйнятні. Як відомо, Болонська система передбачає вивчення матеріалу, розбитого на змістовні модулі, по закінченню яких проводиться модульний контроль. Кожний модуль повинен містити також узгодження за змістом лабораторні роботи. Ці роботи необхідно проводити фронтально, що за умов вищих навчальних закладів майже неможливо здійснити.

Тому постає завдання створити умови для проведення лабораторного практикуму з фізики у відповідністю з вимогами кредитно-модульної системи навчання.

Нами створений електронний лабораторний практикум з фізики (розділ «Електрика ті магнетизм») на базі електронної лабораторії Electronics Workbench. Цей практикум [3] містить переважно лабораторні роботи з таких тем фізики: «Електричні кола. Закони Кірхгоффа», «Закони змінного струму. Кола змінного струму».

Electronics Workbench [2] дозволяє моделювати аналогові, цифрові та аналогово-цифрові схеми різного ступеня складності. Бібліотека програми містить велику кількість найбільш вживаних схем електронних компонентів. Крім того, є можливість створення нових компонентів та їх підключення. Параметри компонентів можна змінювати в дуже широких межах. Прості компоненти описуються набором параметрів, значення яких можна змінювати безпосередньо з клавіатури. Широкий набір приладів дозволяє виконувати вимірювання різних величин, будувати графіки. Всі прилади зображені максимально наближено до реальних, тому працювати з ними досить зручно. Результати моделювання можна роздрукувати, або передати у текстовий та графічний редактор для подальшої обробки.

Основні переваги програми.

Економія часу. Робота в реальній фізичній лабораторії потребує знач-

ного часу на підготовку експерименту. З появою програми фізична лабораторія завжди поряд, що дозволяє зробити вивчення електронних схем більш доступним.

Достовірність вимірювань. В природі не існує абсолютно однакових елементів, тобто всі реальні елементи мають значний розподіл значень, що призводить до виникнення похибок під час експерименту. В Electronics Workbench всі елементи описуються чітко встановленими параметрами, тому кожного разу під час експерименту буде повторюватися результат, який визначається тільки параметрами елементу та алгоритмом розрахунку.

Зручність виконання вимірювань. Навчальний експеримент неможливий без помилок. Працюючи з Electronics Workbench, експериментатор позбавлений від випадкового ураження струмом, а прилади не вийдуть з ладу у випадку неправильно збирання електронної схеми. Завдяки цій програмі користувачу доступний такий широкий спектр вимірювальних приладів, який часто недоступний у реальному житті.

Графічні можливості. Складні електронні схеми займають досить багато місця, зображення їх намагаються зробити як можна компактним, це призводить до помилок під час підключення провідників до елементів кола. Electronics Workbench дозволяє розташувати схему таким чином, щоб добре було видно усі з'єднання елементів і одночасно вся схема. Є можливість відображувати різними кольорами графіки, що дуже зручне для одночасного дослідження декількох параметрів.

Програма Electronics Workbench використовує стандартний інтерфейс Windows, що значно полегшує її використання.

Процедура роботи з програмою зводиться до наступних дій:

- формується електрична схема аналізованого пристрою за допомогою вбудованого редактора, для цього потрібні компоненти перетаскуються з панелі компонентів у робочу область і з'єднуються один з одним за допомогою провідників, установлюються значення параметрів компонентів;
- до схеми підключаються необхідні тестові інструменти: функціональний генератор, вольтметр, амперметр, осцилограф, логічний аналізатор, пробник й ін.;
- робота схеми активується натисканням на віртуальний вимикач живлення;
- результати аналізу, наприклад, осцилограми періодичного процесу або амплітудно-частотна характеристика пристрої можуть бути збережені для наступного документування (оформлення лабораторної роботи).

Нами пропонується до розгляду приклад фрагментів лабораторної роботи з електрики "Дослідження роботи трансформатора".

Мета роботи:

1. Визначити граничні значення сили струму та напруги, що допускаються при роботі трансформатора.

2. Дослідити залежність ККД трансформатора від коефіцієнта наванта-

ження.

3. Отримати зовнішню характеристику трансформатора при різному характері навантаження.

Прилади і матеріали: два амперметри, два вольтметри, джерело струму, розбірний трансформатор, ватметр, магазин ємностей, реостат, лінійка, мікрометр, котушка індуктивності, вимикач.

Послідовність виконання роботи

Завдання 1. Визначити граничні значення сили струму і напруги в обмотках трансформатора.

1. Виміряти діаметр дроту первинної обмотки трансформатора та обчислити граничне значення сили струму.

2. Зібрати електричне коло за схемою рис. 1. Ключ ***K1*** розімкнений. Прикласти за допомогою регулятора напруги (РН) до первинної обмотки змінну напругу 20 В та виміряти напругу на вторинній обмотці.

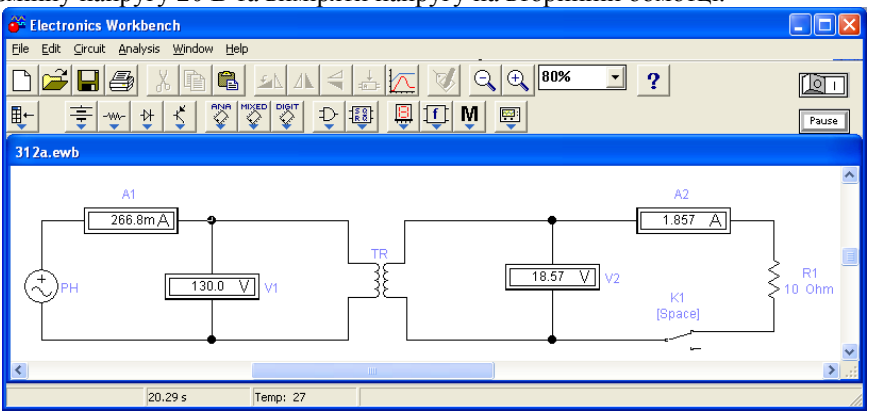


Рис. 1.

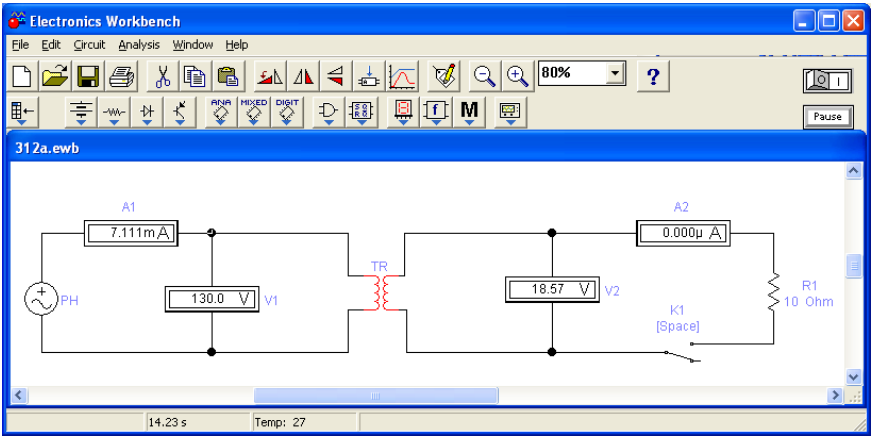


Рис. 2.

3. Збільшувати напругу на первинній обмотці по 20 В (вимірюючи при цьому напругу на вторинній обмотці) до того моменту, поки сила струму у первинній обмотці не досягне значення, що становить половину від розрахункового граничного значення сили струму.

4. Побудувати графік залежності коефіцієнта трансформації K від напруги на первинній обмотці. За графіком визначити граничні значення напруги на обмотках трансформатора.

Завдання 2. Дослідити залежність ККД від коефіцієнта навантаження.

1. Замкнувши вторинну обмотку трансформатора (рис. 2), змінити опір реостату таким чином, щоб струм у вторинній обмотці не перевищував I_{H2}. Визначити P_2 і $P_1=P_2+\Delta P_C$ за показами приладів. Розрахуйте ККД трансформатора (cos φ=1).

2. Побудувати графік залежності $\eta\left(\frac{I_2}{I_{H2}}\right)$ і встановити, при якому коефіцієнту навантаження ККД трансформатора максимальний.

Завдання 3. Отримати експериментально зовнішню характеристику трансформатора при ємнісному та індуктивному навантаженні.

1. Зібрати коло за схемою (рис. 3), але замість реостату під'єднати батарею конденсаторів 10 мкФ.

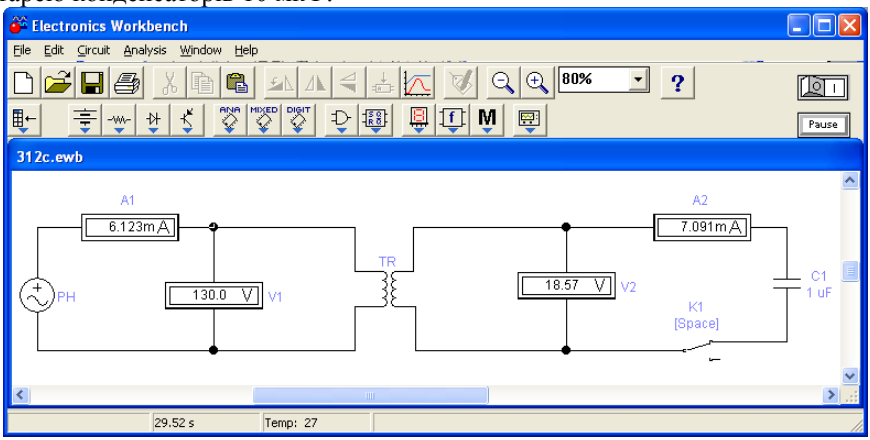


Рис. 3.

2. Змінюючи повільно напругу на первинній обмотці трансформатора, записати покази вольтметру і амперметру на вторинній обмотці.

3. Побудувати графік залежності $U_2(I_2)$ при ємнісному навантаженні.

4. Замінити конденсатор на котушку індуктивності (рис. 4) та провробити вимірювання відповідно до пункту 2.

5. Побудувати графік залежності $U_2(I_2)$ при індуктивному навантаженні.

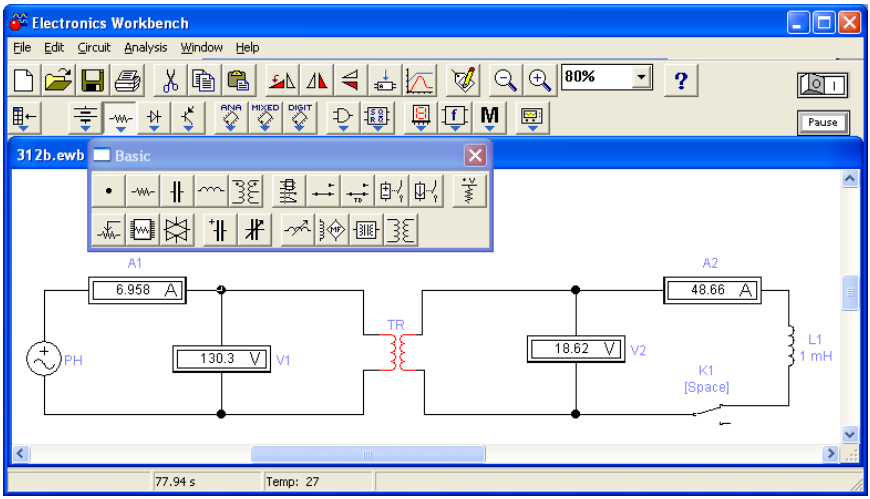


Рис. 4.

Література:

1. Атаманчук П. С. Інноваційні технології управління навчанням фізики. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський держ. педагогічний ун-т, 1999. – 170 с.

2. Коновалов О.Ю. Методичні вказівки до виконання практичних та лабораторних робіт із використанням Electronics Workbench. Частина 1. – К.: ККЗ, 2001. – С. 4-5.

3. Василівський С.Ю. Використання елементів інформаційних технологій у фізичному лабораторному практикумі з електрики. // Зб. наукових праць VIII Міжнародної наук.-практ. конф., Київ, 12-13 грудня 2002 р. / Редкол.: І.І. Тимошенко (голова) та ін. – К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2003.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В МОЛЕКУЛЯРНІЙ ФІЗИЦІ

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

Сучасні проблеми у вивченні природничих дисциплін, крім вирішення традиційних освітньо-виховних завдань, потребують перегляду матеріальної бази лабораторій та кабінетів й забезпечення їх новітніми засобами навчання.

Варто зазначити, що кожна навчальна дисципліна, зокрема, фізика у вищому навчальному закладі, і навіть кожна окрема тема потребує чіткої, зваженої і добре продуманої системи засобів навчання. І навіть в межах одного навчального предмета засоби навчання не залишаються сталими, бо необхідність зміни їх виникає з об'єктивних причин.

По-перше, такі зміни зумовлені динамічними змінами взагалі в суспільстві, що викликають відповідні зміни основних завдань педагогіки вищої школи. Тому перед дидактикою фізики вищої школи зараз постає як одне із першочергових завдань створення нових засобів навчання, які відповідали б сучасним досягненням науково-технічного прогресу і давали б змогу готувати фахівців з перспективою на майбутній період.

По-друге, інтенсифікація розробки новітніх засобів завчання зумовлена гіперінформативністю навчальних дисциплін. Сьогодні не лише зросла кількість інформації з фізики, але і суттєво поглибився її зміст, розширився та ускладнився понятійний та математичний апарат. Саме за цих умов ефективність у навчальному процесі досягається за рахунок використання новітніх засобів навчання, зокрема комп'ютерних та мультимедійних технологій.

Ми не помилимося, стверджуючи, що найважливішою особливістю комп'ютера є те, що базуючись на найпростішій моделі фізичного явища, можна отримувати точні уявлення і вичерпні кількісні характеристики фізичного явища, яке вивчається.

Наприклад, комп'ютерна програма з молекулярної фізики, яка базується на основних положеннях молекулярно-кінетичної теорії, дає можливість спостерігати на екрані дисплею хаотичний рух молекул, траєкторію руху певної виділеної молекули, явище дифузії (рис. 4, 5), а також отримувати достовірні значення середньої довжини вільного пробігу молекули, впевнитись, проводячи віртуальні експерименти, в справедливості основних законів молекулярної фізики.

Слід зазначити, що при моделюванні хаотичного руху молекул виникають певні проблеми в співставленні результатів експериментів, отриманих на двовимірній моделі, на якій вивчаються явища, з тривимірною. Основою для їх співставлення є той факт, що закони фізики однакові і не залежать від того, в якому просторі відбувається явище: дво-, тривимірному чи просторі

іншого виміру.

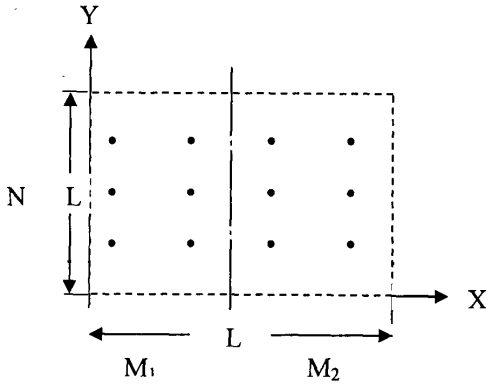


Рис. 1

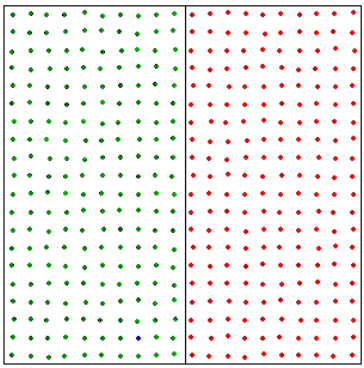


Рис. 2

Програма створює масиви даних: координат N^2 молекул X_i, Y_i на площині X, Y (M_1+M_2=N) та їх початкові складові швидкостей V_{xi}, V_{yi} (рис. 1). На рис. 2 представлена картина розподілу молекул, яка з'являється на екрані дисплею в початковий момент часу. Початкові швидкості молекул задаються однаковими за величиною та рівними ймовірній швидкості при даній температурі:

$$V_{iM}=\sqrt{kT/m}\,, \qquad (1)$$

де m – маса молекули, T – абсолютна температура, k – стала Больцмана. Напрям швидкості кожної молекули визначається в межах кутів 0–2π за допомогою генератора випадкових чисел. Інша можливість, передбачена в програмі – величина швидкості молекул задається у відповідності з розподілом Максвела. Зіткнення молекул між собою описується як нецентральний удар твердих пружних кульок [1]. Ймовірна швидкість двовимірного (1) відрізняється від тривимірного випадку.

Згідно з [2] функції розподілу складових V_x, V_y швидкості молекули на площині x, y мають вигляд

$$\varphi(V_x)=\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{1}{2}}\exp\left(\frac{-mV_x^2}{2kT}\right),\ \varphi(V_y)=\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{1}{2}}\exp\left(\frac{-mV_y^2}{2kT}\right), \qquad (2)$$

де T – абсолютна температура газу, k – стала Больцмана.

Ймовірність того, що швидкість деякої молекули має значення в межах V_x, V_x+dV_x, V_y, V_x+dV_y, буде визначатися за формулою

$$dP_V=\varphi(V)dS=\frac{m}{2\pi kT}\exp\left(-\frac{mV^2}{2kT}\right)dS\,,$$

де dS, згідно з рис. 3, дорівнює dS=2πVdV.

Таким чином, функція розподілу, яка характеризує ймовірність того, що

величина швидкості лежить в межах V, $V+dV$:

$$F(V)=\frac{dP}{dV}=\left(\frac{m}{2kT}\right)\exp\left(-\frac{mV^2}{2kT}\right)2\pi V\ . \qquad (3)$$

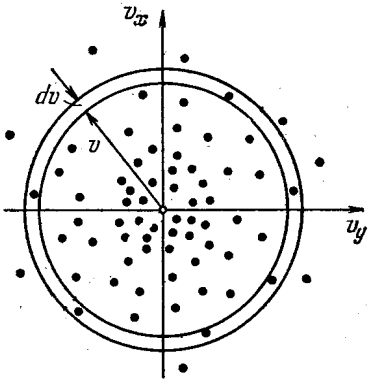


Рис. 3

Ймовірну швидкість можна тоді знайти з умови максимуму функції $F(V)$:

$$\frac{dF(V)}{dV}=\frac{m}{2kT}\exp\left(-\frac{mV_i^2}{2kT}\right)\left(1-\frac{m}{kT}V_i^2\right)=0\ . \qquad (4)$$

Розв'язуючи рівняння, маємо

$$V_i=\sqrt{\frac{kT}{m}}\ . \qquad (5)$$

В тривимірному випадку, аналогічний розрахунок, як відомо, дає результат

$$V_i=\sqrt{\frac{2kT}{m}}\ .$$

Отримаємо основне рівняння для випадку двовимірного руху молекул. Нехай в квадратній «судині» з ребром L, яка являє собою контур (рис. 1), знаходиться ідеальний газ, молекули якого можуть рухатися в площині x, y в межах $0<x<L$, $0<y<L$. Кількість молекул дорівнює N^2, де N – кількість молекул в напрямку x і в напрямку y (в межах квадрата) однакова. Тоді концентрація молекул на площині квадрата $n_2=\frac{N^2}{L^2}$.

Припустимо, що число молекул, які рухаються в двох взаємоперпендикулярних напрямках до "стінки" квадрата, дорівнює: $N^1=\frac{1}{2}N^2$. Тоді, в двовимірному випадку для "тиску" газу на "стінку " маємо

$$P_2 = \frac{1}{2} m u^2 n_2 = n_2 \bar{\varepsilon}, \tag{7}$$

де $\bar{\varepsilon}$ – середня поступальна енергія поступального руху молекули. Аналогічні міркування приводять до закону залежності тиску у тривимірному випадку

$$P = \frac{2}{3} n \bar{\varepsilon}. \tag{8}$$

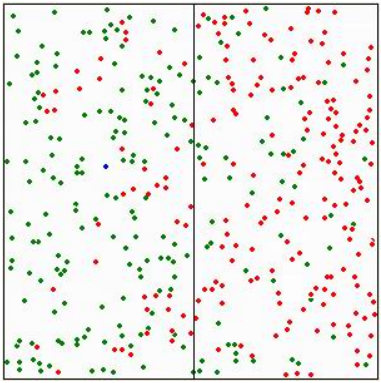


Рис. 4

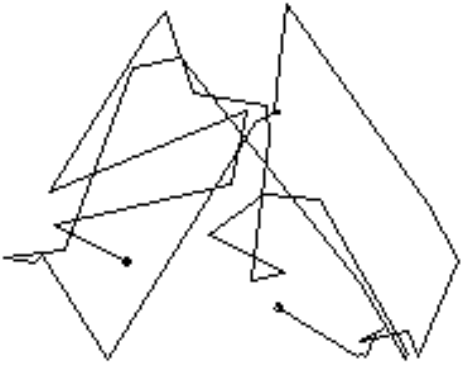


Рис. 5

Порівнюючи вирази (7) та (8), можна зробити висновок, що залежність тиску від концентрації молекул та середнього значення енергії залишається однаковою як у двовимірному, та і в трвимірному випадку.

Якщо врахувати, що кінетична енергія поступального руху молекули дорівнює $\frac{3}{2}kT$, тобто на одну ступінь свободи приходиться $\frac{1}{3}kT$, рівняння (8) можна записати у вигляді

$$P=nkT. \tag{9}$$

Рівняння (7) матиме такий само вигляд, бо у двовимірному випадку число ступенів свободи дорівнює двом:

$$P_2=n_2kT. \tag{10}$$

Розподіл молекул на площині в початковий момент під час руху відображається на екрані дисплею (рис. 2). Наступні координати молекул визначаються за кінетичними формулами Ейлера

$$\begin{aligned} X_i(t+\Delta t)&=X_i(t)+V_{ix}\Delta t \\ Y_i(t+\Delta t)&=Y_i(t)+V_{iy}\Delta t \end{aligned} \tag{11}$$

де $X_i(t)$, $Y_i(t)$ – положення і-тої молекули в момент часу t, $X_i(t+\Delta t)$, $Y_i(t+\Delta t)$ – положення молекули в наступний момент часу $(t+\Delta t)$.

Таким чином, послідовно застосовуючи (11), можна визначити положення точки в будь-який момент часу.

Оскільки схема Ейлера має похибку обчислень ~Δt, то для її зменшення застосовується модифікований метод Ейлера – коефіцієнти виразів (11) (тобто значення швидкості та прискорення) підставляються в момент часу, який відповідає середині інтервалу Δt, тобто в момент $t+\frac{\Delta t}{2}$. При цьому похибка розрахунків за формулами (11), має порядок Δt^2.

На рис. 6. показано інтерфейс програми. Він дає уяву про параметри, які можна задавати, та про режими роботи програми. Програма дозволяє в широких межах змінювати кількість молекул системи їх концентрацію (максимальне число частинок, яке здатна обробити програма $N_{макс}$=10000), масу, діаметр молекули, абсолютну температуру.

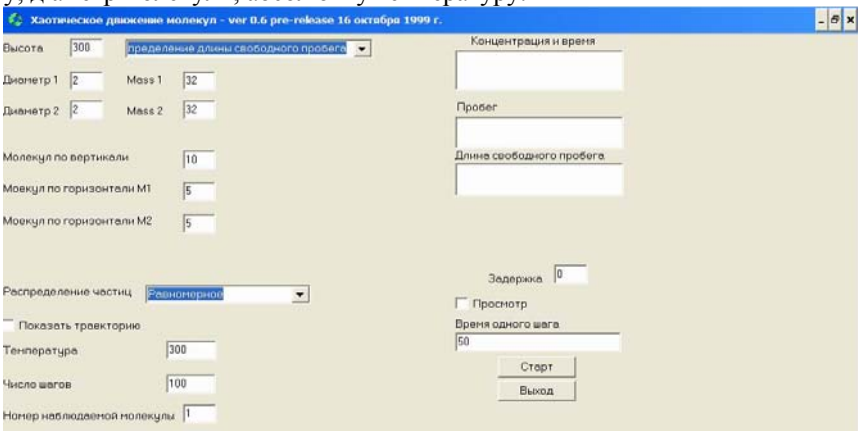


Рис. 6

Література:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 1. – М.: Наука, 1974. – 519 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 1. – М.:Наука, 1977. – 416 с.

МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ У СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Н.Л. Тарасенко
г. Кривой Рог, Криворожский технический университет

В настоящее время быстрыми темпами продвигается компьютеризация школ и вузов. Естественно, это открывает более широкие возможности для преподавателей в обучающем процессе вообще и при обучении физике, в частности. На наш взгляд, использование компьютерной техники в физике должно быть вдумчивым и применяться она должна эффективно. Не следует подменять доступный физический эксперимент различными физическими моделями, поскольку именно реальный физический эксперимент является критерием истинности. Совсем иным выглядит роль компьютерного (или машинного) эксперимента там, где обычный эксперимент недоступен. Помочь познать физические явления природы там, где физический эксперимент невозможен – вот на самом деле интересная познавательная задача, способная вызвать интерес у любого физика.

Быстродействующие компьютеры (ЭВМ) стали применять в физике чуть более пятидесяти лет тому назад. Первое время их использовали для численного решения задач, у которых нет аналитических решений. Например, в 1955 году специалисты по вычислительной математике, работавшие в Лос-Аламосе, попросили Энрико Ферми поставить задачу, удовлетворяющую трем условиям: задача должна представлять интерес для физики, не иметь аналитического решения и быть по силам существовавшим в то время ЭВМ. Ферми предложил выяснить, как возникают статистические свойства в цепочке из ~100 связанных нелинейных осцилляторов. Считалось, что любая нелинейность автоматически порождает статистические свойства. Вопреки ожиданиям машинный эксперимент дал отрицательный результат и положил начало так называемой проблеме Ферми–Паста–Улама.

Наиболее информативным видом компьютерного эксперимента является метод молекулярной динамики. Впервые этот метод применили в 1957 г. Олдер и Уэйнрайт [1] для изучения динамики жидкости, построенной из отдельных молекул (отсюда и название). В этом методе, задав закон взаимодействия частиц, начальные и граничные условия, с помощью компьютера численно интегрируют классические уравнения движения N частиц. Если число частиц велико, например $N \sim 1000$, что дает миллион парных взаимодействий, то система обладает статистическими свойствами. В результате можно одновременно изучать и динамическую структуру жидкости, следя за движением отдельных частиц, и средние по ансамблю и времени характеристики системы, например, энергию, давление, температуру и т.п.

Таким образом, динамический компьютерный эксперимент, с одной

стороны, играет роль микроскопа огромной разрешающей силы, который знает все о движении отдельных молекул, а с другой стороны, позволяет получать макрохарактеристики системы, которые можно сравнивать с обычными экспериментальными величинами. Такое параллельное исследование структуры и свойств оказывается чрезвычайно плодотворным.

В настоящее время метод молекулярной динамики широко используют при изучении самых разнообразных процессов, происходящих в веществе, которое может находиться в любом состоянии: газообразном, жидком, кристаллическом, аморфном или в виде плазмы.

С целью повышения у студентов познавательной активности при изучении физики, следует подобрать интересные физические задачи, которые не должны быть слишком сложными. Например, 1) вычислить траектории атомов, выбитых из своих узлов быстрыми частицами и образующих радиационные дефекты; 2) рассчитать равновесную конфигурацию атомов твердого тела, окружающих, какой-либо точечный дефект и т. д.

Что касается первой задачи, то впервые динамический метод для вычисления траекторий атомов, выбитых из своих узлов быстрыми частицами, был применен еще в 60-х годах [2]. В этом случае начальное условие при решении системы уравнений движения состояло в том, что в момент t=0 одному из атомов (первично выбитому атому) сообщается импульс заданной величины и направления, а остальные атомы находятся в своих узлах решетки. Взаимодействуя с первично выбитым атомом, они приходят в движение. Уравнения движения всех атомов расчетной ячейки решаются до тех пор, пока атомы не займут равновесные (метастабильные) положения, определяющие конфигурации одной или множества френкелевских пар.

Для решения второй задачи методом молекулярной динамики в начальный момент времени атомы твердого тела располагаются в некоторой гипотетической конфигурации, например определяемой по теории упругости. Затем «включается» межатомное взаимодействие и вычисляются траектории всех атомов до достижения равновесной конфигурации, в которой действующая на каждый атом сила равна нулю. Для этого интегрируются уравнения движения N атомов расчетной ячейки, записанные в форме:

$$\frac{dv_i}{dt} = \frac{F_i}{m}; \qquad v_i = \frac{dx_i}{dt} \qquad (i = 1, 2, \ldots, N), \tag{1}$$

где m – масса атома; сила $F = -\frac{dE}{dx}$;

E – сумма энергий парных взаимодействий.

(В уравнениях (1) у скоростей и силы опущен индекс проекции. Аналогичные уравнения должны быть записаны в проекциях на оси y и z).

Начальные условия при интегрировании (1) задаются в виде x_i=x_i(0), v_i=0 (i=1, 2, …, N) при t=0. Далее задаётся временной шаг Δt и вычисляются силы F_1(0), F_2(0), …, F_N(0), действующие на все атомы при t=0. Из первых уравнений (1) находят скорости v_i, из вторых уравнений – смещения

$\Delta x_i = \upsilon_i \Delta t$ за один временной шаг. В новой конфигурации $x_i = x_i(0) + \Delta x_i$ вновь вычисляют силы F_1, F_2,..., F_N и т.д., пока после n-го шага система не окажется в равновесии.

Для ускорения счета компьютер вычисляет траектории всех атомов до момента, когда кинетическая энергия атомов достигает максимума. В этот момент положения атомов фиксируется, а скорости полагаются равными нулю. В конфигурации вычисляются силы, действующие на атомы, и им вновь разрешается двигаться из зафиксированных положений, пока не будет снова достигнут максимум кинетической энергии. Такая процедура, называемая искусственным демпфированием, ускоряет достижение равновесной конфигурации. Динамический метод обеспечивает сходимость к конфигурации с минимальной энергией.

При решении разностных уравнений для x_i и υ_i необходимо временной шах выбирать таким образом, чтобы полученный численный результат был близок к точному решению дифференциальных уравнений (1). В рассматриваемых задачах достаточно брать $\Delta t \approx 10^{-2} \nu_D^{-1}$, где ν_D – дебаевская частота, т.е. $\Delta t \approx 10^{-15}$с.

Для приобретения у студентов расчетных навыков, с использованием метода молекулярной динамики, для начала не следует выбирать сложный потенциал межатомного взаимодействия. Достаточно взять какой-либо простой эмпирический либо полуэмпирический потенциал. Способ интегрирования уравнений также не следует выбирать слишком точным, поскольку он резко увеличивает время вычисления. Для начала, студенту очень важно получить самостоятельный, чисто качественный результат. Это его, безусловно, стимулирует к дальнейшему совершенствованию и самостоятельному решению различных физических задач с применением компьютерной техники.

Литература:

1. Alder B.J., Wainwright T.E. – J. Chem. Phys., 1957, v. 27, p. 1208.
2. Gibson J.B., Goland A.N., Milgram M. e. a. – Phys. Rev., 1960, v. 120, p. 1229 – 1238.

Розділ ІІІ

Професійна підготовка вчителя фізики

СИСТЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ

П.С. Атаманчук[1], В.В. Мендерецький[2]
[1] м. Кам'янець-Подільський, Кам'янець-Подільський державний університет
[2] м. Київ, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова
k-pdu_mvf@mail.ru

Фізика, як одна з природничих наук, завжди була і залишається наукою експериментальною. Навчальний експеримент є основою вивчення всіх природничих предметів, зокрема і фізики. Рівень знань і практичних здібностей майбутніх учителів фізики перебуває у прямій залежності від якості їх експериментальної підготовки. Навчальний експеримент входить у систему методів вивчення не лише фізики, але й інших природничо-математичних дисциплін. Дослідницька діяльність сприяє формуванню в студентів дієвих знань та оволодінню ними сучасними методами досліджень.

Провідні ідеї, погляди, установки, теорії, на основі синтезу яких вибудовується сучасна система природничонаукового експерименту, знаходимо в працях відомих дослідників: І.Г. Антипіна, Л.І. Анциферова, П.С. Атаманчука, М.М. Бондаровського, В.А. Бурова, С.П. Величка, Г.М. Гайдучка, А.А. Давиденка, П.О. Знаменського, Є.В. Коршака, О.І. Ляшенка, А.А. Марголиса, Б.Ю. Миргородського, В.Г. Нижника, А.А. Покровського, В.Ф. Савченка, В.Д. Сиротюка, В.І. Тищука, В.Г. Чепуренка, С.Я. Шамаша, М.М. Шахмаєва та ін.

Концептуальну основу компетентнішого вивчення фізики складає триєдина система, що об'єднує комплекс теоретичних, лабораторно-практичних засобів пізнання явищ та процесів природи. Тобто три форми навчання: сприйняття теоретичних положень, їх перевірка в лабораторному практикумі та моделювання в задачах – взаємодоповнювальні за фактом набуття знань з фізики.

Як відомо, у сучасній науці експеримент виступає, з однієї сторони, як спосіб вивчення явищ, а з іншої сторони – як засіб формування у розвитку наукового знання, він дає можливість встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між явищами природи.

В етимологічному аспекті визначимо, що назва наукового терміну «експеримент» походить від латинського слова *experimentum* (випробовування). Під експериментом у природознавстві розуміють науково поставлений дослід, спостереження та аналіз досліджуваного явища у певних точно врахованих умовах, які дозволяють слідкувати за ходом явища та відтворювати його кожен раз при повторенні цих умов. У методичній науці під навчальним експериментом розуміють відтворення на занятті чи в позааудиторний час за допомогою спеціальних приладів фізичного явища в умовах, які найбільш сприятливі для його вивчення.

Будь-якому виду експерименту притаманні певні риси: втручання за допомогою спеціальних приладів у протікання явища чи процесу оточуючого світу, спеціальне виділення досліджуваних зв'язків та усунення випадкових впливів, відтворення і неодноразове повторення явищ, що вивчаються у певних умовах, планомірна зміна умов протікання явищ чи процесів, організованість та цілеспрямованість з метою зведення до мінімуму елементів випадковості. Тобто в експериментальній діяльності можна виділити три складові: експериментатор та його діяльність як суб'єкта, що пізнає явища чи процеси; об'єкт або предмет експериментального дослідження; засоби експериментального дослідження (інструменти, прилади, експериментальні установки та ін.).

Однією з умов успішного формування фізичних понять і теорій є система раціонально підібраного й ретельно поставленого навчального експерименту. Під системою навчального експерименту розуміють сукупність взаємопов'язаних предметів навчального обладнання, методів і методичних прийомів, що відповідають домінуючій концепції навчання і виховання [4].

Насамперед у систему навчального фізичного експерименту включають так звані фундаментальні досліди, що складають експериментальну основу сучасної фізики. Постановка цих дослідів у більшості випадків вимагає неабиякої експериментальної майстерності й пов'язана з використанням досить складного устаткування. Та частина фундаментальних дослідів, що в даний час не може бути поставлена у вигляді демонстраційних дослідів через складність, громіздкість або дорожнечу установок, може бути представлена у вигляді комп'ютерного імітаційного моделювання або спеціальних навчальних відеофільмів.

Для викладання фізики найбільшу цінність становлять такі фундаментальні досліди, які дозволяють встановлювати кількісні закономірності, що характеризують досліджуване явище. Але в ході демонстраційного експерименту встановлення кількісних співвідношень не завжди можливе, тому доцільно, щоб ця частина фундаментальних дослідів була перенесена в спеціальний лабораторний практикум. У цей же практикум має включатися й ті фундаментальні досліди, при виконанні яких студенти ознайомлюються із сучасним лабораторним устаткуванням.

Вивчення фундаментальних наукових експериментів під час демонстрацій і самостійної роботи в лабораторії, ознайомлення із частиною таких експериментів через мультимедійні засоби та відеофільми створюють необхідну експериментальну базу, спираючись на яку, можна чітко й несуперечливо викласти курс сучасної навчальної дисципліни. Але специфіка сприйняття навчального матеріалу студентами й педагогічні завдання, що стоять перед навчальним предметом, не дозволяють обмежити навчальний експеримент постановкою лише фундаментальних дослідів, глибоке знання яких у принципі достатнє для розуміння сучасної науки. З педагогічної точки зору необхідне також проведення і інших видів експерименту, що мають

велике значення для навчання.

В освітній практиці існує чітка, перевірена часом система навчального природничо-математичного експерименту, яка ґрунтується на ідеях поступового підвищення проблемності експерименту та пошукової самостійності тих, хто навчається. Такий підхід має пронизувати систему сучасного навчального експерименту, який містить в собі: демонстраційні досліди, фронтальні лабораторні дослідження (роботи), короткочасні фронтальні досліди, експериментальні задачі, практикуми (практичні заняття), позааудиторні та домашні досліди і спостереження [4].

1. *Демонстраційний експеримент* (демонстраційні досліди). Він виконується викладачем для всього потоку студентів. Його проведення вимагає від викладача високої експериментаторської майстерності, здебільшого досліди проводяться з використанням складних лабораторних приладів та обладнання.

Вдале поєднання теоретичного матеріалу та експерименту – запорука результативності навчання та дієвості знань студентів. Цей вид експерименту дає змогу розкривати суть явищ і процесів, що вивчаються. Він зароджує вірні уявлення про нові явища і процеси, розкриває їх закономірності, ознайомлює з методами дослідження, показує будову і дію нових приладів та установок, ілюструє технічне застосування наукових законів. Демонстрації у процесі навчання можуть відігравати різноманітні функції. Вони слугують вихідними дослідними даними для вивчення теоретичних питань, можуть бути матеріальною моделлю відповідної гіпотези, допомагають експериментально перевірити теоретичні наслідки досліджуваного закону. Демонстраційні досліди протягом усього курсу навчальної дисципліни поповнюють і розширюють кругозір студентів. Використання таких дослідів – активний цілеспрямований процес, у ході якого викладач впливає на відчуття та уяву студентів і на цій основі формує певні поняття й переконання. Демонстраційний експеримент є носієм навчальної інформації, характеризується об’єктивністю та образністю, він економічний щодо затрат навчального часу, стимулює формування дієвості знань студентів. Він сприяє успішному засвоєнню навчального матеріалу в тих випадках, коли реальні досліди не можна поставити на інших видах занять.

Важливе значення має демонстрація дослідів для ілюстрації пояснень викладача. Демонстраційний експеримент виступає своєрідним засобом реалізації політехнічного навчання в процесі викладання навчальної дисципліни, забезпечує можливість ілюстрації зв’язку науки та техніки. Важливо, що при цьому студенти не тільки знайомляться з роботою конкретних технічних приладів, але й закріплюють та поглиблюють знання про явища та процеси, які вивчалися раніше.

2. *Фронтальні лабораторні дослідження (роботи)*. Важливою ознакою такого виду фізичного експерименту є фронтальний метод його проведення. Роботи можуть виконуватись всією групою студентів (ланками чи індивіду-

ально) одночасно на однаковому обладнанні і під керівництвом викладача. В цій діяльності кожний студент виступає як активний учасник процесу, оскільки він свідомо, з певною метою збирає експериментальну установку, відтворює процеси, які його цікавлять, проводить вимірювання, обробляє їх результати, переконується у справедливості та об'єктивності фізичних явищ та закономірностей. Необхідно відзначити, що проведення такого виду досліджень є суттєвим фактором для формування експериментальних способів діяльності тих, хто навчається. На превеликий жаль в сучасній системі вищої освіти такий вид навчального експерименту не знайшов широкого впровадження, хоча він був би корисним, особливо на молодших курсах навчання, коли студенти лише починають оволодівати експериментальним методом пізнання.

3. *Короткочасні фронтальні досліди*. Такий вид експериментування відрізняється від класичного виду лабораторних досліджень короткочасністю їх проведення, звуженістю завдань та використанням портативного та простого обладнання. Це дозволяє найбільш повно реалізувати переваги фронтального експерименту, зробити його складовою частиною пояснень викладача. Такі експериментування здебільшого варто проводити при вивченні нового матеріалу, вони замінюють демонстраційний експеримент і досить корисні в плані розвитку самостійності студентів та ефективного оволодіння експериментальним методом пізнання. Для проведення фронтальних дослідів студентам видають комплекти простих лабораторних чи саморобних приладів. Кожен дослід, проведений студентами, обов'язково повинен завершуватись формулюванням певного висновку, який здебільшого входить у зміст вивченого матеріалу. На жаль і такий вид експериментувань не здобув поширення в навчальному процесі ВНЗ.

4. *Експериментальні задачі*.

Важливим елементом у формуванні знань фізичних закономірностей і процесів, що відбуваються у природі, є експериментальні задачі, виконання яких має на меті поглибити знання з предмету та відпрацювати здатність до використання математичного апарату. До експериментальних належать такі фізичні задачі, постановка і розв'язування яких органічно пов'язані з експериментом: з різноманітними вимірюваннями, відтворенням фізичних явищ, спостереженнями за фізичними процесами, складанням і дослідженням різноманітних установок, приладів тощо. Вони бувають двох видів: як апріорні завдання, та як наслідок експериментальних вимірювань параметрів і величин, необхідних для складання задач. У цих задачах на базі експериментальних даних необхідно визначити ряд інших параметрів і величин досліджуваного процесу. Отже, *експериментальними задачами* називають такі завдання, в яких експеримент виступає засобом визначення величин, які необхідні для розв'язування задачі, дає відповідь на поставлене у задачі питання чи є засобом перевірки здійснених згідно до умови розрахунків.

З переходом на нові стандарти [3] навчання змінилися й пріоритети

щодо навчання фізики: основними результатами навчання з фізики є набуття тими, хто навчається, досвіду пізнавальної діяльності. Тому об'єктами навчання мають бути не лише фізичні явища, поняття, закони, правила, а й експеримент як метод пізнання. Використовуючи одне з найважливіших завдань фізики – розвиток творчих і розумових здібностей, інтересу й активної пізнавальної діяльності студентів, викладач також має звернути увагу на зміст експериментальних завдань та ефективність їх використання. Як показала практика [2], експериментальні завдання значно активізують пізнавальну діяльність студентів і роблять більш привабливим навчальний процес ВНЗ. За допомогою експериментальних завдань нейтралізується зайва математизація природничої дисципліни, а при належному їх диференціюванні забезпечується можливість досягнення високих рівнів фахової обізнаності студента.

5. *Практикуми*. Даний вид навчального експерименту є найбільш розповсюдженим у вищих навчальних закладах. Він є основною формою експериментальної підготовки майбутнього вчителя. Студенти виконують завдання самостійно або ланками по 2-3 чоловіки. При цьому вони можуть використовувати письмові інструкції для завчасної підготовки до виконання досліджень. Роботи практикуму значно складніші, ніж фронтальні лабораторні завдання, тому на їх виконання здебільшого відводять дві години. Проведення лабораторного практикуму має за мету дієве (а не формальне) засвоєння навчальної дисципліни: студенти вдосконалюють свою здатність до використання різних приладів і механічного устаткування, експериментують, привчаються глибше аналізувати природні процеси. Разом з тим лабораторний практикум сприяє ознайомленню з різними методами в підготовці, виготовленні і монтажі устаткування, розвитку дослідних навичок і вмінь застосовувати набуті знання для розв'язання практичних завдань [5]. Як правило, в ході виконання роботи, студенти користуються готовою інструкцією до роботи. Така методика проведення робіт фізичного практикуму можлива, але її виконання гранично регламентовано: що і як потрібно робити, студентам вказано, їм залишається лише виконати вказані дії, а це означає, що студенти не здійснюватимуть самостійних пошуків, їх мислення протікатиме на репродуктивному рівні, тому таким шляхом неможливо розвивати творче мислення студентів [1], і, отже, це означає, що практикум необхідно переводити на рейки пошуково-креативних технологій.

6. *Позааудиторні та домашні досліди та спостереження.* До них відносять прості досліди, які виконуються студентами у вільний час, і спостереження, які проводяться у буденному житті, на природі, у промисловому та сільськогосподарському виробництві, виключаючи безпосередній контроль з боку викладача за ходом спостережень чи досліджень. Для таких робіт здебільшого використовують предмети побутового призначення, прості вимірювальні засоби та підручні матеріали, саморобні прилади, іграшкові набори, «конструктори» та комплекти. Правильно організовані позааудиторні

досліди і спостереження не перевантажують студентів. Якщо вони спершу «провокують» до роздумів, фантазування, то студенти їх виконують із задоволенням. Досліди і спостереження такого типу не тільки допомагають майбутньому фахівцю усвідомити об'єктивний характер наукових законів, побачити їх прояв і використання в житті, а й прищеплюють звичку наполегливо і систематично працювати, сприяють поєднанню навчання з життям. Для підвищення ефективності даного виду експериментальних робіт студентам необхідно вдосконалювати методику її організації. Вона повинна відповідати сучасним дидактичним вимогам: принципам свідомості, творчої активності й самостійності; застосуванню розвивального навчання й диференційованого підходу до студентів; сприяти міцності засвоєння знань. Необхідно оптимально підібрати тематику й зміст кожної з таких робіт, так щоб ефективність навчання прийомам навчальної й практичної діяльності зростала. А для цього потрібно враховувати всі етапи навчального пізнання: первинне сприйняття знань, їхнє засвоєння, закріплення й застосування.

Не слід вважати, що позааудиторні досліди і спостереження треба виконувати тільки в домашніх умовах. Їх можна виконувати і під час проведення занять з інших предметів, на заняттях спецкурсів, спецсемінарів, гуртків. Необхідно зазначити, що особливу увагу слід приділяти охороні праці виконавців, оскільки під час проведення таких досліджень студенти матимуть справу з підвищеною температурою, високим тиском, інструментами, які можуть завдати поранень та іншими небезпечними факторами.

Наведена класифікація навчального фізичного експерименту найбільш загальна та поширена Вона дає можливість розглядати його з точки зору методів навчання, визначити оптимальне місце кожного з його видів в системі навчальних занять, раціонально підібрати навчальне обладнання. Необхідно зазначити, що в окремих випадках можливі й інші способи класифікації. Так, розрізняють кількісні та якісні досліди, виділяють експериментальні задачі та творчі завдання, так звані фундаментальні досліди та демонстрації технічних установок. Багатоплановість завдань, які розв'язуються кожним видом експериментів вимагає цілісної системи раціонально підібраних засобів навчання, в тому числі навчального фізичного обладнання, яке обов'язково має бути наявним в навчальному кабінеті.

Загалом, проведений аналіз навчально-методичної літератури показав, що на сьогодні для вивчення природничо-математичних предметів існує сформована система навчального експерименту. Вона добре апробована і дає певні позитивні результати стосовно середніх освітніх закладів. Стосовно до системи вищої освіти адаптовані лише окремі її елементи. Тобто цілісного застосування, зокрема, щодо підготовки майбутнього вчителя в педагогічних освітніх закладах вона не здобула. Щоб студенти-майбутні педагоги мали змогу одержати глибокі та міцні знання, щоб вони набули належних фахових та компетентнісних якостей, необхідна чітка цілезоорієнтованість у застосуванні різноманітних видів навчального експерименту.

Окреслення кінцевої мети діяльності студента в процесі експериментальної підготовки можливе лише за умови комплексного аналізу вимог освітньо-професійної програми фахової підготовки та вимог навчальної програми шкільного курсу фізики. Для усунення протиріччя між змістовим наповнення з однієї сторони і відсутністю конкретизованої мети діяльності з другої, пропонуємо у якості цілеспрямовуючого компонента експериментальної діяльності використовувати бінарну цільову програму [2]. Це – організаційний документ, який визначає змістовий компонент навчального матеріалу в особистісно-діяльнісному аспекті його реалізації.

Особливість цільової програми полягає в чіткому окресленні еталонних вимог, що стосуються як змісту курсу фізики, так і змісту професійної підготовки. Така цільова програма накладає відповідні орієнтири на діяльність студента в ході виконання лабораторного практикуму з методики і техніки шкільного фізичного експерименту.

Досвід застосування описаної технології [1; 2] формування експериментаторських якостей майбутнього учителя фізики дає підстави зробити наступний висновок: в умовах вимог особистісно орієнтованого навчання [1] та переходу на сучасні стандарти фізичної освіти [3] існує реальний шлях [2] дієвої підготовки фахівця на основі орієнтирів цільових програм. Дослідження варто продовжити в аспекті розкриття технологічних особливостей та відмінностей у фаховій підготовці бакалавра та магістра фізики.

Література:

1. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В. Особливості формування фахових якостей майбутнього учителя фізики в умовах особистісно орієнтованого навчання // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск V: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2005. – Т.2. Теорія та методика навчання фізики. – С. 16–21.

2. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Кух А.М. Елементи цілеорієнтацій експериментальної діяльності студентів з фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 4. – Кривий Ріг: Вид. відділ НМетАУ, 2004. – С. 8–15.

3. Галузеві стандарти вищої освіти: Фізика: І. Освітньо-кваліфікаційна характеристика. ІІ. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра (укл. Грищенко Г.П. та ін.). – К.: Видавництво Національного педагогічного університету ім. М.П.Драгоманова, 2003. – 74 с.

4. Коршак Є.В., Миргородський Б.Ю. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту. Практикум. – К.: Вища школа, 1981. – 280 с.

5. Ляшенко О.І. Взаємозв'язок теоретичного та емпіричного в навчанні фізики. Автореф. дис.:.. д-ра пед. наук. – К., 1996. – 50 с.

«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ФОН» И НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ КАК «ВЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ» (МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ)

А.В. Грицких[1], А.Т. Проказа[2]
[1] г. Луганск, Физико-математическая школа №1
[2] г. Луганск, Луганский национальный педагогический университет имени Тараса Шевченко

Некоторые проблемы формирования целостной картины мира, как синкретического соединения естественнонаучной и социально-гуманитарной картин мира, рассмотрены нами ранее [1, 9-12]. В частности, нами сформулированы общенаучные принципы – «диполи», которые составляют методологическую основу формирования физической картины мира (ФКМ) и научной картины мира (НКМ). «Элементную базу» для построения ФКМ и НКМ составляет, безусловно, система знаний разного уровня обобщенности. Обобщение и систематизация знаний на уровне физических теорий рассмотрены нами в другой статье [2, 13-16]. Наши исследования и исследования других ученых предполагают целенаправленное формирование ФКМ, НКМ и целостной картины мира (ЦКМ) в образовательном процессе.

В настоящей статье мы выдвигаем и обосновываем гипотезу о том, что знание истинной истории научных открытий спонтанно способствует формированию правильных представлений о закономерностях научного познания, что, в свою очередь, создает предпосылки и условия возникновения в единичном личностном сознании ЦКМ.

Приведем некоторые конкретные факты из истории физики, которые убедительно подтверждают мысль о том, что «веление времени» положительно влияет на возможность научных открытий.

А. Эйнштейн и А. Пуанкаре с интервалом в несколько недель установили групповые свойства преобразований Лоренца и сформулировали релятивистский закон сложения скоростей. «Три работы считают важнейшими при создании специальной теории относительности. Автором первой из них (1904 год) был голландский профессор Х.А. Лоренц, за два года до этого получивший Нобелевскую премию по физике. Автором второй работе (1906 год, краткое сообщение было опубликовано в 1905 году) явился уже тогда знаменитый французский математик Анри Пуанкаре. Наконец, третья работа (1905 год) была написана почти безвестным мелким служащим швейцарского патентного бюро Альбертом Эйнштейном» [3]. Эти же преобразования Лоренца еще в 1900 году вывел Лармор, а еще раньше подобные преобразования использовал Фогт (1887 год). Гипотеза об изменении длин вдоль направления движения была выдвинута Джорджем Френсисом Фицджеральдом и независимо от него Хендриком Антоном Лоренцем в 90-х гг. 19 века. В работе Анри Пуанкаре содержалось крайне важное утверждение

о том, что переход от движения с одной скоростью к движению с другой совершенно аналогичен математически некоторому повороту в 4-мерном пространстве, причем роль дополнительного (четвертого) измерения играло время. Эта мысль была достаточно подробно развита Германом Минковским. С точки зрения 4-мерной пространственно-временной геометрии эффекты сокращения длин и замедления времени были ничуть не более удивительны, чем видимое изменение размеров тел, рассматриваемых под разными углами. Таким образом, усилиями выдающихся ученых, прежде всего Х. Лоренца, А. Пуанкаре, А. Эйнштейна и Г. Минковского, были созданы новые научные представления о пространстве-времени, без чего современная НКМ невозможна.

В 1902-1904 гг. А. Эйнштейн «заново» открыл все основные положения статистической механики. Вместе с тем в 1910 г. Эйнштейн откровенно признался, что будь он знаком с работами Гиббса, он не стал бы публиковать свои статьи по основам статистической механики, за исключением некоторых комментариев [4].

Свою первую статью по теории броуновского движения А. Эйнштейн закончил в мае 1905 года, а независимо от него аналогичные теоретические результаты в июле 1906 года получил М. Смолуховский.

Макс Борн со своим сотрудником выполнили детальную разработку теории удельной теплоемкости твердых тел и провели расчет колебаний в кристаллах, принимая во внимание весь спектр колебаний решетки. «За две недели до представления к публикации нашей работы появилась статья Питера Дебая на эту тему» – вспоминает Борн [5].

Р. Паундом вместе с Перселом и Терри в 1946 г. был открыт ядерный магнитный резонанс. Через две недели о своем таком же открытии объявила другая группа, возглавляемая Ф. Блохом. Известный французский физик А. Абрагам заметил, имея в виду чрезвычайную важность открытия, что «Нобелевскую премию пятерым не дают, и лишь руководители Персел и Блох поделили эту награду в 1954 году» [6].

Некоторые независимые открытия могут показаться закономерными, но все же удивляет совпадение дат, как «веление времени».

1913 год. Дифракция рентгеновских лучей: У. Брэгг (Англия) и Г.В. Вульф (Россия).

1927 год. Дифракция электронов: Л. Джермер, К. Дэвиссон (США) и Дж.П. Томсон (Англия).

1928 год. Эффект комбинационного рассеяния: Ч.В. Раман, К. Кришман (Индия) и Л.Н. Мандельштам, Г.С. Ландсберг (СССР).

Интересно отметить, что многие Нобелевские премии присуждались ученым-физикам разных стран, которые почти одновременно и независимо делали одинаковые открытия.

Открытия М. Прохорова и Н. Басова (СССР) и независимо от них Ч. Таунса (США) породили целую отрасль лазерной техники, чем, казалось

бы, подтвердили мысль Ф. Энгельса о том, что потребности техники двигают науку быстрее, чем сотни университетов. Однако, многочисленные научные открытия были сделаны исключительно на основе познавательного научного интереса и первоначально к потребностям техники не имели никакого отношения. Например, никакие технические потребности не стимулировали создание неэвклидовой геометрии.

Некоторые открытия, особенно экспериментальные, являются результатом длительных, кропотливых и целенаправленных исследований. Другие, особенно теоретические, очень часто «являются открывателю в виде озарения» и не являются результатом логических размышлений, даже если этот результат и сочетается с определенной строгой логической структурой. Достоверно известно, что выдающийся физик и электротехник Никола Тесла обладал удивительной способностью «видеть» в мельчайших деталях свои еще неовеществленные (нематериализованные) изобретения. Все основные принципы действий и детали современных энергетических систем были разработаны Тесла мысленно, используя силу воображения [7].

«Интеллектуальный фон» и «веление времени» способствовали еще одному физическому открытию, без которого сегодня немыслима система научных знаний и НКМ. В 1925 году молодой физик Ральф Крониг заново хорошо и последовательно начал развивать идею вращающегося вокруг своей оси электрона. Однако Гейзенберг, Паули, Крамерс и другие теоретики высказывались отрицательно по поводу этой идеи. Особенно резко против гипотезы «спина» высказался Паули в беседе с Бором, настаивая на том, что в физике возникает новая «ересь».

Независимо от Кронига, ничего не зная о его изысканиях, в том же 1925 году гипотезу «спина» предложили Уленбек и Гаудсмит. Вот как рассказывает об этом научном открытии Уленбек в своей речи, произнесенной по случаю занятия профессорской должности кафедры Лоренца: «Гаудсмит и я пришли к этой идее, изучая статью Паули, в которой был сформулирован знаменитый принцип запрета и электрону впервые приписывались четыре квантовых числа. Вывод Паули был довольно формальным; он не связывал никакой конкретной картины со своим предложением. Для нас оно казалось загадкой. Мы свыклись с представлением, что каждому квантовому числу соответствует степень свободы, и, с другой стороны, с точечностью электрона, который, очевидно, имел лишь три степени свободы, и не могли найти место четвертого квантового числа. Мы могли принять его только в том случае, если электрон является маленькой сферой, способной вращаться… Это ободрило нас, но наш энтузиазм в значительной мере остыл, мы обнаружили, что скорость вращения на поверхности электрона должна во много раз превышать скорость света!.. Мы были взволнованы, но не имели ни малейшего намерения, чтобы то ни было предавать гласности… Но мы рассказали об этом Эренфесту…, который заявил, что это либо очень важно, либо чепуха (нужно спросить герра Лоренца)».

Уленбек и Гаудсмит обратились к Лоренцу, и тот обещал подумать, а через неделю передал авторам идеи «спина» длинные расчеты электромагнитных свойств вращающегося электрона. Следствия из этих расчетов приводили к бессмыслице, о чем Уленбек и Гаудсмит снова поделились с Эренфестом, который поведал им: «Я уже давно отправил ваше письмо в печать, вы оба достаточно молоды, чтобы позволить себе сделать глупость!» К чему привела эта «глупость», мы сегодня хорошо знаем!

Если учесть, что в спорах о спине электрона участвовали практически все выдающиеся физики-теоретики, то идея о «движущей силе интеллектуального фона» становится достаточно правомерной. Если бы соответствующего «интеллектуального фона» не было, то выдающиеся научные открытия гениев-одиночек были бы невозможны! А если бы и были, то их никто не смог бы ни понять, ни оценить, а поэтому об этом никто и никогда не узнал бы! Современный научный «интеллектуальный фон» позволяет смириться с выражением: «Представьте себе момент импульса (собственный момент количества движения электрона)… без вращения. Это и есть спин!»

«Интеллектуальный фон» действует диалектически, т.е. поощрительно-возражательно, но в любом случае стимулирует научные поиски. А вот «веление времени», как правило, не оказывает тормозящего действия, оно способствует только ускорению в научных и научно-технических поисках.

Педагогическая идея о плодотворном спонтанном формировании ЦКМ на основе истинной истории научных открытий успешно реализуется нами в образовательном (обучение, воспитание и, как следствие, развитие личности) процессе. Эта позиция не исключает, а наоборот предполагает, и решение педагогической задачи целенаправленного формирования ФКМ, НКМ и ЦКМ.

Литература:

1. Проказа О.Т., Грицьких О. В. Прогностична модель навчання фізики в системі освіти. / «Стратегічні проблеми формування змісту курсів фізики та астрономії в системі загальної середньої освіти»: Матеріали науково-практичної конференції. – Львів, 2002. – С. 9-12.

2. Проказа О.Т., Бєляєв Б.В., Кравченко В.І. Фізична теорія як системотворчий чинник змісту навчального матеріалу. / Там само. – С. 13-16.

3. Гинзбург В.Л. О физике и астрофизике: статьи и выступления. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Бюро Квантум, 1995.

4. Пайс А. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. Пер. с англ. / Под ред. А.А. Логунова. – М.: Наука, 1989.

5. Борн М. Размышления и воспоминания физика. – М.: Наука, 1977.

6. Абрагам Анатоль. Время вспять или физик, физик, где ты был. Пер с фр. / Под ред. А.С. Боровика-Романова. – М.: Наука, 1991.

7. Венгер В., Поу Р. Неужели гений? – СПб.: Питер-Пресс, 2001.

ВИКОНАННЯ ТВОРЧОЇ РОБОТИ УЧНЕМ – ШЛЯХ ДО АКТИВІЗАЦІЇ ЙОГО НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Г.П. Половина, О.Г. Грибенко
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

В сучасній методичній літературі широко висвітлюються питання активізації навчально-пізнавальної діяльності при вивченні фізики.

Значна увага методистів приділяється використанню комп'ютера [1, 14], [2, 32]. Роботи О.М. Лещинського, В.І. Сумського та інших свідчать про комп'ютеризацію інноваційної фізичної освіти. Такі вчені, як А.А. Давиденко, В.П. Кравченко, О.В. Піскун та інші працюють над тим, щоб розв'язок фізичних задач слугував засобом активізації навчальної діяльності. В роботах [3, 56], [4], [5, 271] розглянуто пошуки шляхів активізації через нетрадиційні уроки, творчі роботи на конкурси МАН та фізичні турніри. Таким чином, питання активізація навчальної діяльності є актуальним і потребує подальших пошуків і досліджень.

Наше дослідження проводились на базі Центрально-Міського ліцею м. Кривого Рогу і дало можливість прослідкувати шлях, який проходить учень, виконуючи творчу роботу та захищаючи її на різних рівнях.

Є різні способи вибору учнем теми дослідження: взяти тему, запропоновану вчителем; продовжити тему, почату в попередніх класах, взяти тему, яку пропонує МАН для своїх членів. Але найцікавіші дослідження відбуваються в тому випадку, коли в учня виникає проблема при самостійному розв'язуванні задач, коли учень зустрічає явища чи фізичні процеси, які він не може пояснити. Саме такий підхід до вибору теми творчих робіт найбільш поширений у згаданому ліцеї.

Для прикладу розглянемо творчу роботу «Дослідження електричного поля Землі», яка в 2005 році на обласному конкурсі МАН була оцінена дипломом другого ступеня.

Як виникла дана тема? В 10 класі була вивчена тема «Електростатичне поле» і побудовані графіки залежності напруженості та потенціалу зарядженої провідної сфери від відстані до центру сфери.

Про те, що Земля – від'ємно заряджена провідна куля, вчитель зобов'язаний повідомити учнів (про це немає жодного слова в підручнику фізики), бо і при розв'язуванні звичайних і олімпіадних задач різного рівня задачі із використанням заземлення часто зустрічаються. Вже те, що Земля від'ємно заряджена з потенціалом порядку 400000 В, викликає в учнів здивування та бажання взнати енергетичні та силові характеристики електричного поля Землі. Як їх визначити? Цікавим є й питання про механізм зарядження Земля, і про те, чи заряджені інші тіла нашої Сонячної системи?

На значну частину пунктів першого питання ліцеїст одержав відповідь,

використовуючи знання, набуті на уроці та скориставшись довідником [7, 259]:

1. Густина електричного струму, що тече у вертикальному напрямі в атмосфері Землі (струм – результат руху позитивних та негативних іонів, що знаходяться в атмосфері), $2 \cdot 10^{-20}$ А/м^2.
2. Електричний заряд Землі $57 \cdot 10^4$ Кл.
3. Напруженість електричного поля в В/м:
   – біля поверхні Землі 130;
   – на висоті 0,5 км над Землею 50;
   – на висоті 3 км над Землею 30;
   – на висоті 12 км над Землею 2,5.

Останні дані стосовно напруженості абсолютно не співпадають з розрахунками за формулою $E = kq/r^2$.

До того ж, працюючи з [8, 43], учень одержав відповідь на питання, що таке заземлення. З технічної точки зору заземлити якесь провідне тіло означає з'єднати дане тіло з Землею гарним провідником (чим більша площа дотику провідника і Землі, тим краще). З фізичної точки зору заземлити – означає вирівняти потенціали Землі і провідного тіла.

Але на питання, чому Земля має від'ємний заряд і як вона заряджається, учень довгий час не мав відповіді. Він з'ясував, чому Сонце позитивно заряджене (термоелектронна емісія) і висунув гіпотезу про одержання заряду Землею. Він проаналізував способи електризації тіл: електризація тертям (контакт тіл з різних речовин), передача заряду з наелектризованого до ненаелектризованого тіла та електризація через вплив, і висунув гіпотезу, згідно якої рух Землі відносно повітря призведе до її електризації тертям.

Для перевірки цієї гіпотези він виготовив пластмасовий диск з двома отворами (гудзик), продів у них нитку, скріпив кінці на двох пальцях обох рук і привів систему в обертовий рух. Через деякий час можна було перевірити наявність зарядів на диску. Але електрометр не зафіксував появу зарядів. Продовжуючи пошук в літературних джерелах, і зокрема в [9, 172], він встановив, що причиною електризації Землі є блискавки, які забезпечують Землю від'ємним зарядом.

Не зупиняючись на гіпотезі, за якою Земля заряджається під час грозових розрядів та струмах в атмосфері, на експериментальних та теоретичних викладках автора вказаного джерела, розглянемо задачі, які розв'язав ліцеїст, прагнучи зрозуміти механізм зарядки Землі, а саме [10, 27], [11, 63], що дало йому можливість більш глибоко зрозуміти природу електричного поля Землі.

Виходячи з того, що напруженість електричного поля Землі направлена вниз і дорівнює E_0 = 130 – 150 В/м, то заряд Землі може бути визначений так: $E_0 = k\frac{q}{r^2} \rightarrow q = \frac{E_0 r^2}{k} = -6.8 \cdot 10^5$ Кл . Поверхнева густина заряду $\sigma = q/S$, де S – площа поверхні Земної кулі. $\sigma = -1{,}3 \cdot 10^{-9}$ Кл/м^2.

Направлене вниз електричне поле зменшується з висотою і становить майже 65 В/м на висоті 1000 м. Був знайдений середній заряд в 1 м^3 шару атмосфери між поверхнею Землі і висотою 1000 м. Як показано в [9, 172], Земля оточена електричними зарядами: позитивні рухаються до Землі, а негативні – від Землі. Цим і зумовлено те, що напруженість Землі не змінюється за законом $E=kq/r^2$. Обчислимо заряд на уявній сфері радіуса $R_1=R_0+h$=6401000 м.

$E_1 = kq_1/R_1^2 \rightarrow$ 295,9 Кл. Середнє значення зарядів у сферичному шарі завтовшки 1 км навколо Землі $q_{сер} = ½(q_0 + q_1)$, $q_{сер} = \dfrac{q_0 + q_1}{2} = 3.4 \cdot 10^5$ Кл. Об'єм шару повітря висотою 1 км становить $0{,}5 \cdot 10^{15}$ м^3, тому середнє значення об'ємної густини заряду $\rho = 0{,}4 \cdot 10^{-9}$ Кл/м^3.

Як показано в [10, 27], в одиниці об'єму в атмосфері Землі існують майже в рівних кількостях позитивно і негативно заряджені іони. Біля поверхні Землі їхня густина ~$6 \cdot 10^8$ м$^{-3}$. Позитивні іони рухаються під дією вертикального електричного поля до Землі. Їх швидкість пропорційна напруженості E електричного поля, а саме $\upsilon = 1{,}5 \cdot 10^{-4} E$. Можна визначити, скільки потрібно часу, щоб половина поверхневого заряду Землі була нейтралізована внаслідок руху атмосферних іонів, якщо немає поблизу блискавок, що підтримують величину заряду Землі. В нейтралізації беруть участь лише позитивні заряди, густина струму при цьому рівна $j = en\upsilon$, де n – густина заряду, e – заряд позитивного іона, $\upsilon = 1{,}5 \cdot 10^{-4} E$ – швидкість заряду. Оскільки $j = \dfrac{d\sigma}{dt}$, то $\dfrac{d\sigma}{dt} = -en \cdot 1.44 \cdot 10^{-4} E$. Розв'язком цього рівняння буде: $\sigma(t) = \sigma_0 e^{-\frac{t}{2}}$, поклавши $\sigma(t) = \dfrac{\sigma_0}{2}$, одержимо, що час, коли зменшується густина поверхневого заряду вдвічі t = 600 с.

Скориставшись рекомендаціями [10, 28] та [9, 174], ліцеїст експериментально визначив напруженість електричного поля Землі. Він виходив з того, що поле Землі нагадує поле сферичного конденсатора [12, 108].

Напруженість поля Землі можна визначити експериментально. Для цієї мети використовують плоский конденсатор. В полі Землі такий конденсатор набуває потенціалу, що відповідає тим висотам, на яких він знаходиться.

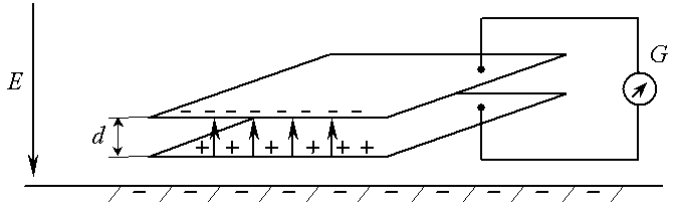


Рис. 2. Конденсатор в електричному полі Землі.
G – балістичний гальванометр.

Поле пластин конденсатора буде рівне і протилежно направлене до поля Землі. Якщо пластини конденсатора з горизонтально положення перевести в вертикальне, конденсатор розрядиться і через гальванометр пройде струм. Знаючи число зарядів, що пройде через гальванометр, площу пластин конденсатора можна визначити густину зарядів. Тоді напруженість електричного поля конденсатора $E = \sigma / S_0$, отже це й буде напруженість поля Землі.

Для визначення напруженості, що виникає в конденсаторі, поміщеному в електричне поле Землі, учень використав дзеркальний гальванометр та осцилограф кафедри фізики КДПУ, попередньо вивчивши принцип їх дії.

Як показує короткий огляд цієї творчої роботи, виконання її в повній мірі активізувало навчально-пізнавальний процес.

Творчі роботи школярів – це співпраця вчителя та учня, яку можна розглядати як індивідуальне навчання, де в повній мірі використовується вміння учня самостійно працювати.

Процес виконання роботи свідчить, що учні оволодівають системою знань, поглиблюють їх, систематизують та узагальнюють, щоб потім їх використовувати на новому етапі роботи.

Ланцюг завдань, які розв'язує учень і виникнення нових питань, які потребують нових знань, свідчать про те, що діяльність учня креативна і характеризується ініціативою, інтелектуальною активністю.

В ході формування логічного мислення відбувається самостійне встановлення логічних зв'язків. Доказом того, що ліцеїсти при захисті своїх робіт на обласному та республіканському рівнях можуть логічно захистити свою позицію та свої надбання, свідчать призові місця, які вони здобувають протягом багатьох років.

Література:

1. Бригінець В.П., Подласов С.О., Сидоренко С.І., Холмська Т.Д. Електронні підручники та посібники як засіб виховання творчої особистості // Розвиток творчіх здібностей учнів у процесі навчання фізики: Збірник статей. – Чернігів, 2000. – 83 с. – С. 14–16.
2. Коновець М.К. Комп'ютер як засіб активізації пізнавальної діяльності та розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики // Розвиток творчіх здібностей учнів у процесі навчання фізики: Збірник статей. – Чернігів, 2000. – 83 с. – С. 32–34.
3. Дмитриченко Г.П., Половина Г.П. Самостійне знаходження проблем та їх розв'язання – шлях до виховання творчої особистості // Вісник Чернігівського держ. пед. універс. ім. Т.Г. Шевченка. Випуск 23. Серія: педагогічні науки. – Чернігів: ЧДПУ, 2004. № 23. – 296 с.
4. Половина Г.П, Дмитриченко Г.П., Коновал О.А. Формування творчої особистості учнів під час проведення позаурочних заходів // Фізика та астрономія в школі. – 2005. – №6. – С. 27–32.

5. Половина Г.П., Луценко І.А. Пошуки обдарованої особистості та робота з нею при навчанні фізики // Актуальні проблеми психології: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Т. 6. – Ч. 2: Зб. наук. праць. – К.: BONA MENTE, 2002. – С. 271–275.
6. Жеглова Н.О., Половина Г.П. Інтерес до фізики та самостійна діяльність учнів – показник високих результатів навчання // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Т. 2. – Кривий Ріг: НметАУ, 2005. – С. 60–66.
7. Енохович А.С. Справочник по физике. – М.: Просвещение, 1990. – 384 с.
8. Моисеев В. Потенциал электростатистического поля // Квант. – 1997. – №3. – С. 41–44.
9. Фейман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 5. – М.: Мир, 1966. – 295 с.
10. Кремінський Б.Г., Пінкевич І.П. Задачі міжнародних фізичних олімпіад 1987–1999 рр. – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2000. – 152 с.
11. Козел С.М., Рашба Э.Н., Славатинский С.А. Сборник задач по физике. – М.: Наука, 1987. – 300 с.
12. Зильберман Г.Е. Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 1970. – 383 с.
13. Половина Г.П., Ківа В.О., Стовповенко М.А. Дослідження швидкоплинних процесів у шкільному фізичному експерименті. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Т. 2. – Кривий Ріг: НметАУ, 2005. – С. 258–260.

ОДИН З ШЛЯХІВ НАВЧАННЯ БЕЗ ПРИМУСУ

Г.П. Половина[1], В.А. Голобородько[2]
[1] м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
[2] м. Кривий Ріг, Криворізький гуманітарно-технічний ліцей

В школах не існує поганих учнів і вчителів: кожен, виконуючи свою соціальну роль, намагається її гарно зіграти, проте не у всіх це вдало виходить. І тоді у суб'єктів освітнього процесу виникає дискомфорт, перевтома, зникає бажання працювати, з'являється страх, що їх не почують, не зрозуміють. Вчителі, намагаючись знайти вихід із лабіринту, пропонують нові педагогічні прийоми, форми роботи, які підвищують рівень мотивації учіння. Ми вважаємо, що на даному етапі розвитку шкільної освіти рівень мотиваційної сфери обмежується відсутністю альтернативи класно-урочній системі. Зараз вчителю стало затісно, а дітям не цікаво в межах традиційного уроку.

Нами апробовані педагогічні прийоми, що трансформуються не в бік шкільної програми, а розраховані на вільний інтерес кожної дитини. Розширюючи палітру позакласних занять, ми переконалися, що додатком до уроку можуть бути вільні студії. Ідея створення вільних студій має давнє походження від студій Аристотеля і Сократа. На сьогодні така форма роботи є актуальною, тому що надає учням і вчителям свободу вибору, можливість самовираження, самореалізації, є передумовою створення ситуації успіху, має якісно новий підхід до організації навчального процесу, що базується на вільному виборі учня. При цьому ми таким чином визначаємо мету діяльності студій:

- створення збагаченого освітнього середовища;
- реалізація права вибору;
- підвищення рівня мотиваційної сфери освітнього процесу;
- підвищення рівня навчальної компетенції;
- створення умов для роботи з інтелектуальною елітою;
- надання адресної допомоги учням;
- моделювання ситуації успіху;
- створення комфортної психологічної і комунікативної сфери навчальних занять;
- реалізація міжпредметних зв'язків дисциплін природничого і математичного профілю;
- підтримка профорієнтаційної роботи;
- залучення учнів до процесу самоосвіти.

Апробація роботи студій відбувалася на базі Криворізького гуманітарно-технічного ліцею. В ліцеї за навчальним планом учням пропонується універсальний рівень програм з фізики, але в багатьох з них існує потреба в розширенні навчального простору з даного предмету. Для цього, окрім

обов'язкового рівня навчання, що відбувається в межах класно-урочної системи, учням пропонується вибірково обов'язковий курс, що передбачає проведення дидактичних тренінгів, навчальних екскурсій, розширене вивчення окремих тем, а також на рівні вибіркового курсу пропонуються короткострокові факультативні курси, школа довузівської підготовки, школа олімпійського резерву, майстер-класи викладачів ліцею та викладачів віщої школи. Структура викладання фізики в гуманітарно-технічному ліцеї представлена на рис. 1.

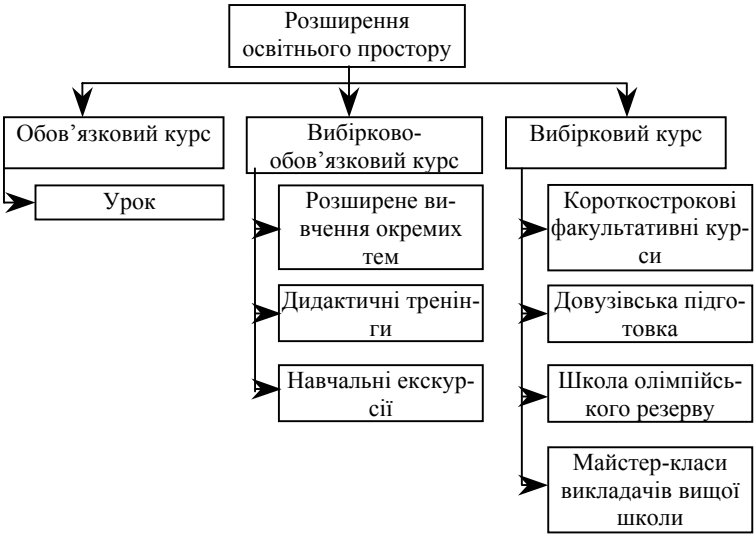


Рис. 1. Структура викладання фізики в КГТЛ

Вибірково-обов'язковий та вибірковий курси бажано проводити у вигляді творчих студій. З цією метою учням пропонується відвідувати студії викладачів ліцею, для проведення короткострокових студійних занять залучаються викладачі та студенти Криворізького державного педагогічного університету.

При такій організації навчального процесу учні вільно обирають для занять не тільки відповідну студію, а й викладача, що сприяє встановленню між суб'єктами освітнього процесу довірливих стосунків.

При виборі студії за учнями залишається право вибору рівня складності занять з предмету, вони розширюють і поглиблюють свої знання за власними потребами. Вчителю при цьому відводиться роль радника, він не може авторитарно впливати на відвідування учнями відповідних студій.

Робота на студійних заняттях передбачає відмову від кількісного оцінювання знань учнів, замінюючи його висловленням змістовної вербальної оцінки. Такий підхід дозволяє їм подолати невпевненість і страх перед загрозою отримати кількісну оцінку, нижчу очікуваної. Але при цьому сту-

дійні заняття мають реалізувати резерви покращення кількісних оцінок на основних уроках фізики.

Студійні заняття доцільно проводити з різновіковими групами. Так, наприклад, доцільно створювати різновікові групи для проведення студійних дидактичних тренінгів із розв'язування задач за окремими розділами. Така організація навчального процесу дозволяє мобілізувати деякі резерви навчання, які не реалізуються в межах класно-урочної системи.

Такими прихованими резервами різновікових студій ми вважаємо:

- можливість учнів навчати один одного;
- виховання відповідальної поведінки старших учнів у присутності молодших;
- формування свідомої мотивації навчання у молодших учнів через особистий приклад старших;
- можливість здійснити випереджаюче навчання для молодших учнів;
- створення умов для якісного та ненав'язливого повторення матеріалу старшими учнями;
- формування комунікативних навичок;
- реалізація індивідуальних можливостей учнів через розподіл їх функцій, підбір форм роботи і рівня складності задач;
- залучення кожного учня до активної діяльності через надання права вибору навчального матеріалу і викладача;
- виховання відповідальності правом вибору.

Наведемо приклад організації та проведення відкритої різновікової студії учнів 9–11-х класів при співпраці викладачів Криворізького гуманітарно-технічного ліцею і викладачів та студентів КДПУ.

Тема: Відносність механічного руху

Форма проведення: творча студія

Мета:

1) поглибити та узагальнити теоретичні знання з теми «Відносність механічного руху»; сформувати вміння та навички застосовувати теоретичні знання з даної теми для розв'язування задач підвищеної складності;

2) розвивати вміння встановлювати причинно-наслідкові зв'язки;

3) формувати культуру розумової праці.

Структура заняття

Назва етапу	*Зміст роботи*	*Форма роботи*
Підготовчий	Формування творчої групи учнів. Розподіл завдань між мікрогрупами. Індивідуальні співбесіди з учнями. Індивідуальні звіти учнів. Створення друкованого конспекту для учнів.	Індивідуальні консультації. Робота в мікрогрупах.
Планування	Складання плану студії відбувається в	Інтерактивне опи-

Назва етапу	*Зміст роботи*	*Форма роботи*
	результаті співпраці вчителя й учнів. Вчитель враховує запити учнів, виявлені при інтерактивному опитуванні.	тування учнів з метою виявлення прогалин в знаннях із даної теми.
Мотивація	З теми «Відносність руху» на вступних іспитах допускається багато помилок. Дана тема важка для засвоєння учнями 9-х класів. Питання цієї теми часто засвоюються формально. Гарне розуміння матеріалу приходить тоді, коли навчаєш іншу людину. Зазначені аргументи мають довести доцільність повторення теми в різновіковій групі.	Бесіда вчителя
Актуалізація	Учні 9-х класів нагадують учням 10-х та 11-х класів основні теоретичні положення з теми «Відносність механічного руху».	Звіт учнів 9-х класів
Виконання плану дій	Постановка експерименту. Розв'язування задач.	Звіт учнів 10-х, 11-х класів. Дидактичний тренінг. Робота в мікрогрупах
Аналіз заняття	Надається змістовна оцінка роботам мікрогруп. Слухається самооцінка доповідачів та взаємне оцінювання опонентів. Виокремлюється коло питань, на яких необхідно буде зупинитися на наступному занятті. Пропонується продовжити деякі питання даної теми у вигляді написання науково-дослідницьких творчих робіт.	Евристична бесіда

Актуалізація опорних знань

Питання	*Відповідь*
Чому дорівнює координата тіла відносно рухомої системи координат?	$x = x_0 + S_{ф.т.\ x} + S_{с.в.\ x}$ $S_{ф.т.\ x}$ – проекція переміщення тіла відносно нерухомої системи координат; $S_{с.в.\ x}$ – проекція переміщення рухомої системи відносно нерухомої.
Як визначається відносна швидкість тіла?	$\vec{\upsilon}_{т.від} = \vec{\upsilon}_{т.а.} + \vec{\upsilon}_{с.в.а}$ $\vec{\upsilon}_{т.від}$ – швидкість тіла відносно рухомої системи координат;

Питання	*Відповідь*
	$\vec{\upsilon}_{т.а.}$ – швидкість тіла відносно нерухомої системи координат; $\vec{\upsilon}_{с.в.а}$ – швидкість рухомої системи відносно нерухомої.
Сформулювати принцип незалежності руху.	Якщо тіло знаходиться в двох або більше рухах, то кожен рух відбувається незалежно від інших.

Дидактичний тренінг

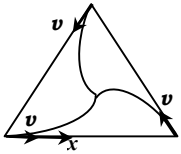
Експеримент 1.

Опис експерименту	На спортивному майданчику, посипаному піском, намалювати рівносторонній трикутник. У вершини трикутника стають учні, так щоб кожен бачив у сусіда праву сторону обличчя. Учні починають рухатися з однаковою швидкістю маленькими кроками до тих пір, поки не зустрінуться в центрі трикутника.
Результат експерименту	Траєкторія руху учнів представлена на рис. 2.

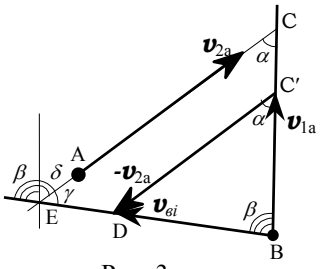
Експеримент 2.

Опис експерименту	Виготовити механічний стробоскоп. Прилад являє собою легку пластикову трубку довжиною 80 мм, діаметром 16 мм і з товщиною стінок 1 мм [2, 44]. На одному кінці трубки нанесено червону, а на другому – зелену плями діаметром по 3 мм. Трубку кладуть на гладеньку поверхню і приводять в рух, надавлюючи пальцем на один з кінців трубки. Вистрибнувши з під пальця, вона починає обертатись.
Результат експерименту	Чітко видно, що на однаковій відстані одна від одної знаходиться п’ять майже нерухомих плям одного кольору. Кожного разу ми бачимо пляму того кольору, що знаходилася під пальцем, яким надавлюємо на трубку: якщо натиснути на червоний кінець, то побачимо плями червоного кольору, якщо на зелений – то з’являються зелені плями.
Пояснення експерименту	Трубка одночасно бере участь у трьох незалежних рухах: поступальному (в початковий момент), обертальному навколо вертикальної вісі, що проходить через центр трубки та обертальному русі навколо її вісі. Через деякий час поступальний рух припиняється і трубка обертається на одному місці. В цей момент виконується така залежність між кутовими швидкостями: $\omega_2 = 5\omega_1$, що пов’язано з відношенням довжини трубки та її діаметром: $l = 5d$, тобто за час одного оберту навколо вертикальної вісі трубка встигає п’ять разів обернутися навколо центральної вісі.

Задача 1 [1, 31].

Умова	*Розв'язання*
 Рис. 2. Три човна знаходяться в спокійній воді на однаковій відстані один від одного. В деякий момент часу човни починають рухатися з однаковою швидкістю так, що в кожен момент часу один човен знаходиться на курсі іншого. Через який час зустрінуться човни і який шлях пройде кожен з них до зустрічі?	З експерименту № 1 учні переконуються, що тіло може знаходитись у двох незалежних рухах. Нехай рухома система координат пов'язана з човном 1, а човен 2 будемо розглядати як рухому матеріальну точку. Тоді рівняння руху човна 2 відносно рухомого човна 1 буде мати вигляд: $x_2 = x_{02} + \upsilon_{2x} t - \upsilon_{1x} t.$ Запишемо це рівняння в проекціях на рухому координату: $l = t\upsilon\cos\alpha - \upsilon t;\ t = 2l/3\upsilon,$ шлях при рівномірному русі: $S = \upsilon t$, тоді $S = \dfrac{2\ell}{3}$.
Творче завдання: Розв'язати задачу для човнів у вершинах чотирикутника, шестикутника і т.д.	

Задача 2.

Умова	*Розв'язання*
Дві дороги перетинаються під кутом 45°. У напрямку до перехрестя рухається два автомобіля зі швидкостями υ_1=50 км/год та υ_2 = 80 км/год. З якою швидкістю та під яким кутом γ рухається перший автомобіль відносно другого?  Рис. 3.	Нехай υ_{1a} та υ_{2a} – швидкості автомобілів відносно Землі. Тоді відносна швидкість першого автомобіля відносно другого: $\vec{\upsilon}_{1від.} = \vec{\upsilon}_{1a} - \vec{\upsilon}_{2a}$. Знайдемо напрямок відносної швидкості: від вектора швидкості $\vec{\upsilon}_{1a}$ віднімемо вектор $\vec{\upsilon}_{2a}$, або до вектора $\vec{\upsilon}_{1a}$ додамо $-\vec{\upsilon}_{2a}$. В результаті отримаємо вектор $\vec{\upsilon}_{1від.}$ Знайдемо модуль відносної швидкості: $\vec{\upsilon}^2_{від} = \vec{\upsilon}^2_{1a} + \vec{\upsilon}^2_{2a} - 2\upsilon_{1a}\upsilon_{2a}\cos\alpha$; $\upsilon_{від}$ = 57 км/год. В точці E проведемо пряму паралельну CB. З ΔDBK знайдемо β = 83°. Тоді кут $\gamma = 180 - (\alpha + \beta)$.

Проаналізувавши ефективність проведення творчих студій, можна виділити такі позитивні моменти: 1) підвищується результативність навчання й інтерес до фізики, як до науки в цілому, а не до кількісного еквіваленту

знань з цього предмету; 2) реалізуються якісно нові стосунки між суб'єктами навчального процесу, тому що за такої його організації за результативність навчання відповідає не тільки вчитель, а й учень.

Література:

1. Балабан О. Что случится, если силовую класс-школу вывести в свободный парк открытых студий? // Дайджест педагогічних ідей та технологій. – 2001. – № 5, 6. – С. 132–151.
2. Леонтьєва О. Проект развития открытых парк-студий в Интернете // Дайджест педагогічних ідей та технологій. – 2002. – № 4. – С. 146–160.
3. Кротов С., Черноуцан А.. Механический «стробоскоп» // Квант. – 1997. – №3. – С. 44.
4. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения. – М.: Просвещение, 1983. – 431 с.

ВІД СЛІВ ДО ФОРМУЛ І ВІД ФОРМУЛ ДО СЛІВ

Ю.П. Мінаєв[α], Н.І. Тихонська[β]
м. Запоріжжя, Запорізький національний університет
[α] minaevy@mail.ru
[β] n_tikhonskaya@mail.ru

Сучасна школа ставить завдання навчити учнів орієнтуватися у швидко зростаючому потоці інформації, знаходити необхідне та застосовувати його на практиці [1]. Безумовно, успіх у цій діяльності визначається не в останню чергу знанням тієї специфічної мови, якою поданий матеріал. Так, для розуміння фізичних проблем необхідно оволодіти мовою фізики. Це передбачає знання формул, що відображають певні фізичні закони, знання назв цих законів та величин, між якими встановлені зв'язки, вміння формулювати закони словесно тощо [2].

Але як досягнути знання учнями досить великої кількості формул та вміння ними вільно користуватися? Тут на механічне запам'ятовування, тобто звичайну зубрячку, покладатися не можна. Проведене нами спеціальне експериментальне дослідження показало хибність цього шляху [3]. І чи взагалі потрібно вимагати від учнів заучування всіх формул шкільного курсу фізики? На нашу думку, важливіше навчити учнів відновлювати у пам'яті забуті формули. Отже, у даній статті йтиметься про організацію такої роботи з учнями, яка б сприяла їхньому *розумінню* навчального матеріалу.

Щоб з'ясувати, що таке стан розуміння звернемося до психологічної теорії Л.М. Веккера [4]. У цій теорії *мисленням* називають процес неперервного перекладу інформації з мови мовленнєвих структур на мову просторових образів та у зворотному напрямку, а відчуття *розуміння* чогось пов'язується з таким станом, коли з'являється можливість передати один і той самий матеріал і словами, і картинками або формулами (від лат. *formula* – образ, вигляд).

Проте, з досвіду роботи у школі та ВНЗ нам відомо, що часто учні і навіть студенти не можуть здійснити такий міжмовний переклад (між мовою слів і мовою образів). Проведені нами спеціальні дослідження засвідчили, що як запис розгорнутого формулювання за наведеною фізичною формулою, так і навпаки, – запис формули за наведеним формулюванням – викликає у них певні труднощі.

Кожен викладач може у цьому переконатися, запропонувавши учням або студентам перед початком вивчення теми: "Основи молекулярно-кінетичної теорії" завдання, подібні до таких:

1. Запишіть фізичною формулою фразу та наведіть список використаних позначень:

а) "Середня квадратична швидкість руху молекул газу дорівнює коре-

ню квадратному з відношення потроєного добутку універсальної газової сталої та термодинамічної температури до молярної маси цього газу";

б) "Тиск ідеального газу дорівнює одній третині від добутку концентрації молекул газу, маси однієї молекули та середнього квадрату швидкості руху молекул".

2. Запишіть фразою (на зразок такої, як у попередньому завданні) фізичну формулу:

а) $p = \frac{2}{3} n\langle E \rangle$, де p – тиск ідеального газу, n – концентрація молекул газу, $\langle E \rangle$ – середня кінетична енергія молекул;

б) $p = \frac{\rho RT}{M}$, де p – тиск ідеального газу, ρ – густина газу, M – молярна маса газу, R – універсальна газова стала, T – абсолютна температура.

Наш творчий пошук був спрямований на розробку методичних прийомів, які б дозволяли учням та студентам самостійно отримувати переважну більшість формул. Так, на першому ж занятті з теми "Основи молекулярно-кінетичної теорії" вчитель може ввести загальноприйняті в навчальній літературі позначення фізичних величин та сталих і вербально пояснити зміст деяких з них. Далі учні отримують таке завдання.

Завдання на самостійне одержання формул-означень та наслідків з них

Введені позначення:

N – число молекул речовини;

N_A – стала Авогадро (число молекул в одному молі речовини);

ν – кількість речовини (число молей);

V – об'єм газу;

n – концентрація (число молекул газу в одиниці об'єму);

m – маса газу;

M – молярна маса (маса моля газу);

m_0 – маса молекули газу;

ρ – густина газу (маса газу в одиниці об'єму);

V_m – молярний об'єм газу (об'єм моля газу).

Виразіть величини через ті, що стоять у дужках:

1) $n(N, V)$; 2) $\nu(N, N_A)$; 3) $M(m, \nu)$;
4) $m_0(M, N_A)$; 5) $m_0(m, N)$; 6) $V_m(V, \nu)$;
7) $\rho(m, V)$; 8) $V_m(M, \rho)$; 9) $\rho(n, m_0)$.

У разі необхідності вчитель може підказати доречну аналогію. Коли учні, наприклад, ніяк не можуть збагнути, як пов'язані між собою молярна маса та маса однієї молекули газу, то варто їм запропонувати визначити масу цукерки, якщо відома маса заданого числа таких самих цукерок.

Запропоноване завдання допомагає учням усвідомити той факт, що існують формули, які можна записати безпосередньо після з'ясування фізичного змісту величин та введення позначень.

Що ж до формул, які виражають фізичні закони, то деякі з них легко

запам'ятовуються, бо легко читаються, наприклад, так: "пе дорівнює ен ка те". Інші легше запам'ятати у формулюваннях типу: "На кожну ступінь вільності припадає енергія ка те на два". Але не має сенсу вигадувати мнемонічне правило для основного рівняння МКТ, не дивлячись на те, що його називають основним. Воно досить громіздке для безпосереднього запам'ятовування. З іншого боку, його можна швидко відновити за допомогою простіших формул, які легко запам'ятовуються.

Корисною на практиці виявляється "**Схема пригадування формул МКТ**" (рис. 1). Доречно організувати у класі обговорення цієї схеми після того, як учні її уважно роздивилися і подумали над імовірним авторським задумом та засобами його втілення.

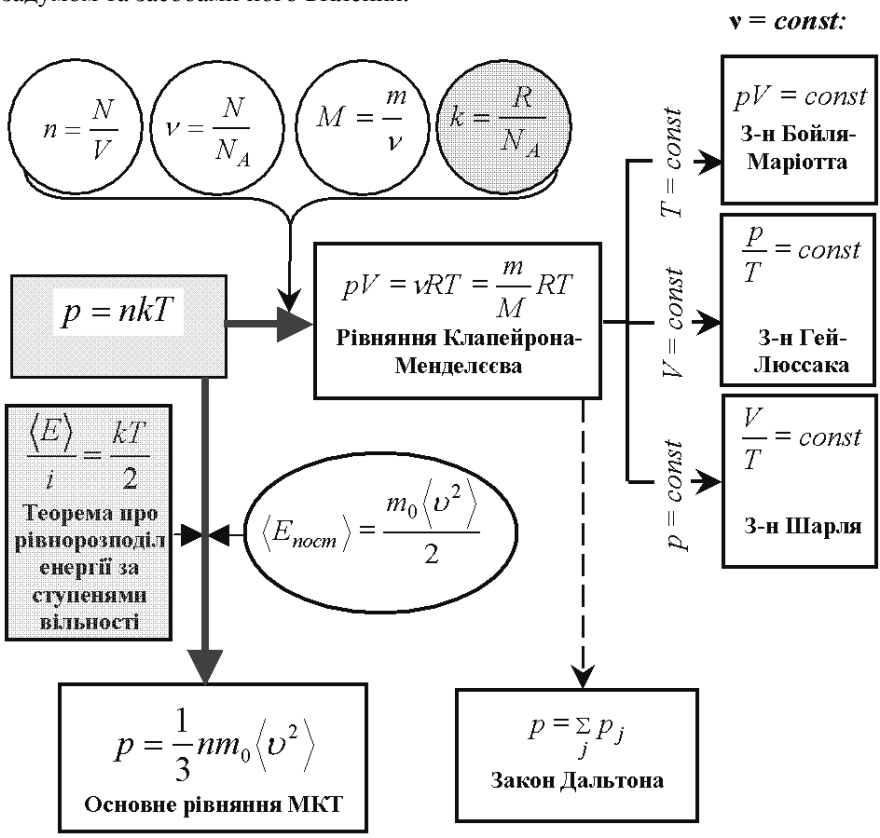


Рис. 1. Схема пригадування формул МКТ

Можливі запитання для організації обговорення схеми:

1) Які формули фактично є означеннями фізичних величин?

2) Яка величина криється за позначенням $\langle E_{пост} \rangle$? Що тут означають

кутові дужки та нижній індекс “пост”?

3) Звідки береться коефіцієнт $1/3$ в основному рівнянні МКТ, якщо у схемі “трійка” ніде більше не зустрічається?

4) Як словами сформулювати теорему про рівнорозподіл енергії за ступенями вільності?

5) Яке з наведених у схемі рівнянь можна було б назвати рівнянням стану ідеального газу?

6) Що розуміють під терміном “ізопроцеси” під час вивчення законів ідеальних газів?

7) Як Ви розумієте запис $\sum_j p_j$ у законі Дальтона? Як цей закон можна було б сформулювати словами?

8) Як подати процес ізотермічного розширення графіком у pV–координатах? Звідки видно, що йдеться про розширення, а не про стискання? Як відповісти на подібні запитання для pT– і VT–координат? Для інших ізопроцесів?

9) Як сформулювати словами закони Бойля-Маріотта, Гей-Люссака, Шарля?

10) Який сенс Ви вбачаєте у використанні на схемі рамок різної форми? “Заливки”? Стрілок?

Звернемо увагу на те, що розглядання та обговорення запропонованої схеми у нашій методиці передує детальному вивченню МКТ. Тому відповіді на запитання вчителя вимагають від учнів не відтворення знайомого навчального матеріалу, а власного розмірковування, висування гіпотез, перекодування інформації з однієї форми в іншу.

Після детального обговорення запропонованої “Схеми пригадування формул МКТ” і з’ясування можливих способів відновлення у пам’яті відповідного навчального матеріалу нашою методикою передбачається виконання учнями вправ, які допомагають звикнути до нових формул і потренуватися у їх використанні.

Завдання на перетворення основних формул МКТ

Виразіть величини через ті, які стоять у дужках та, можливо, фізичні сталі R, k та N_A:

1) $\rho(n, m_0)$; 2) $\rho(p, M, T)$;
3) $m(m_0, N)$; 4) $p(\rho, \upsilon_{кв})$;
5) $N(m, M)$; 6) $p(n, \langle E_{пост} \rangle)$;
7) $n(p, T)$; 8) $\upsilon_{кв}(T, M)$;
9) $p(\nu, V, T)$; 10) $\upsilon_{кв}(T, m_0)$.

Примітка: середня квадратична швидкість руху молекул газу позначена як $\upsilon_{кв} = \sqrt{\langle \upsilon^2 \rangle}$.

Після виконання учнями запропонованого завдання на перетворення

формул має сенс зібрати колекцію помилкових відповідей і організувати їхнє обговорення. Таке обговорення спрямоване на засвоєння учнями прийомів критичного мислення, які дозволяють підвищити дієвість самоконтролю під час виконання математичних операцій з фізичними формулами. Тут не треба нехтувати і традиційною перевіркою кінцевої формули на розмірність. Але особлива увага має бути приділена "озвучуванню" формул та поданню їх у графічному вигляді, розгляду окремих і граничних випадків.

Ключовою тут стає проблема розвитку в учнів їхньої уяви, здібності за формулами і словами "бачити" конкретні фізичні стани і процеси, користуватися під час розмірковування модельними уявленнями.

Наведемо найелементарнішій приклад. Скажімо, хтось у першій вправі отримав таку відповідь: $\rho = \frac{m_0}{n}$. Учням пропонується порівняти дві "картинки", на яких "зображені" молекули газу (рис. 2), та сказати, у якому випадку більшою буде концентрація (n), а в якому – густина (ρ), якщо всі молекули мають однакові маси (m_0).

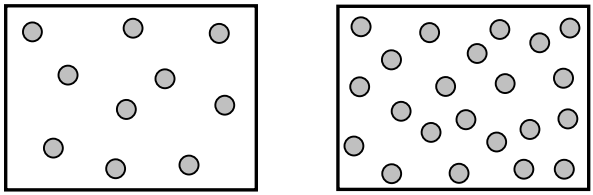


Рис. 2. "Картинки" із "зображенням" молекул газу
для обговорення понять *концентрація молекул* і *густина* газу

Після з'ясування питання про зв'язок концентрації молекул і густини газу за допомогою просторових образів учням пропонують порівняти свій висновок з тим, що дає формула, яку хтось отримав. Звернемо увагу на те, що наведені примітивні "картинки" надають можливість учителю і самому поставити ряд корисних запитань, і запропонувати це зробити учням, а потім організувати обговорення відповідей.

Приклади:

1) Для відповіді на яке попереднє запитання було суттєво, що в обох посудинах однакові молекули?

2) Чи передбачалося в попередніх запитаннях, що об'єми посудин однакові? Температури газів в обох посудинах? Тиски?

3) За яких умов густина газу у лівій посудині могла б бути більшою у порівнянні з густиною у правій?

4) У якій посудині газ має більшу температуру, якщо відомо, що йдеться про один і той самий газ, причому тиски в обох випадках однакові?

5) У якій посудині знаходиться газ із більшою молярною масою, якщо відомо, що однакові тиски і середні квадратичні швидкості молекул?

Звичайно, якщо на конкретному уроці не хотілося б витрачати багато часу на таке обговорення, а натомість навчити конкретному прийому перевірки відповіді на граничний випадок, то можна поставити перед учнями такі запитання: “Якщо концентрація молекул буде прямувати до нуля, то густина газу прямуватиме теж до нуля чи до нескінченності? А що б нам давала формула $\rho = \frac{m_0}{n}$, яку хтось отримав?”.

Сучасні школярі і навіть студенти фізичних та математичних факультетів часто помиляються під час елементарних математичних перетворень фізичних формул та до того ж абсолютно безпорадні у справі самостійної перевірки кінцевого результату. Для ліквідації цих вад особливого значення набуває розвиток навичок міжмовного перекладу (від слів до формул, графіків та малюнків, і у зворотному напрямку). У ході такого перекладу і досягається, за Л.М. Веккером, розуміння навчального матеріалу.

У подальшому ми маємо на меті підготувати посібник з методичними розробками запропонованого типу.

Література:

1. Державний стандарт базової і повної середньої освіти // Освіта України. – № 5 (500), 20 січня 2004. – С. 1-13.

2. Тихонська Н.І. Про розробку методики навчання мови фізики учнів середньої загальноосвітньої школи // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. – Вип. 30. Серія: педагогічні науки. – Чернігів: ЧДПУ. – 2005. – С. 226-230.

3. Афанасьєва (Тихонська) Н.І., Кенєва І.П., Мінаєв Ю.П. Психологічний аналіз стратегій засвоєння навчального матеріалу з фізики // Теорія та методика вивчення природничо-математичних дисциплін: Зб. наук.-метод. праць. Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. – Рівне: РДГУ.– 2002. – Вип. 5. – С. 98-102.

4. Веккер Л.М. Психика и реальность: единая теория психических процессов. – М.: Смысл, 1998. – 685 с.

ЕЛЕМЕНТИ ЕВРИСТИЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З ФІЗИКИ

Б.М. Чаговець
м. Кривий Ріг, Криворізький природничонауковий ліцей

Важливою функцією освіти в суспільстві є формування і розвиток творчої самостійної особистості, здатної до перетворення соціуму, самоствердженню і самореалізації.

Проблема полягає в тому, щоб здолати перехід від репродуктивних методів навчання до методів формуючих творчу діяльність. При вивченні фізики розвиток особистості реалізується через процес розв'язування задач. Проблему навчання учнів розв'язувати навчальні фізичні задачі слід розглядати на протязі всього часу вивчення фізики в школі. Тому цей процес повинен бути неперервним і поступовим для учнів, а для вчителя складати частину його власної технології навчання.

Евристична технологія навчання розв'язуванню фізичних задач ґрунтується на законах педагогіки і психології і відповідає сучасним дидактичним принципам, домінуючими з яких є:

– навчання на високому рівні складності (Л. Занков);
– розвиваючого і виховуючого навчання;
– систематичності і системності;
– свідомості і активності [1, 36];
– позитивної мотивації і сприятливого емоційного поля;
– продуктивності навчання [5, 57].

Важливою особливістю в діяльності вчителя є врахування того факту, що кожному віку дитини характерний відповідний рівень мислення. За дослідженнями психологів з початку навчання в школі розвиток мислення залежить від віку дитини [2, 61].

Вивчення фізики в школі починається з 7 класу, коли в учнів починає формуватися дедуктивне мислення, що спирається на досвід і експеримент [2, 63]. Виконання дослідів, проведення фізичного експерименту є визначальним фактором мислення учнів цього віку. В цей час діти починають вчитися розв'язувати навчальні розрахункові задачі на репродуктивному рівні.

Наприклад, в темі «Тиск твердих тіл» визначають тиск за відомою їм формулою $p = F/S$, а також знаходять силу тиску і площу. Перші труднощі виникають тоді, коли сила тиску визначається в мН, мкН, кН., а площа в $см^2$ або $мм^2$.

Більших зусиль потребують задачі, для розв'язання яких необхідно більше дій, наприклад:

1. Визначити масу ящика з площиною основи 0,5 $м^2$, що створює на підлогу тиск 1кПа.

2. Визначити тиск, який створює порожнє пластикове відро масою

300 г, якщо днище відра має діаметр 16 см.

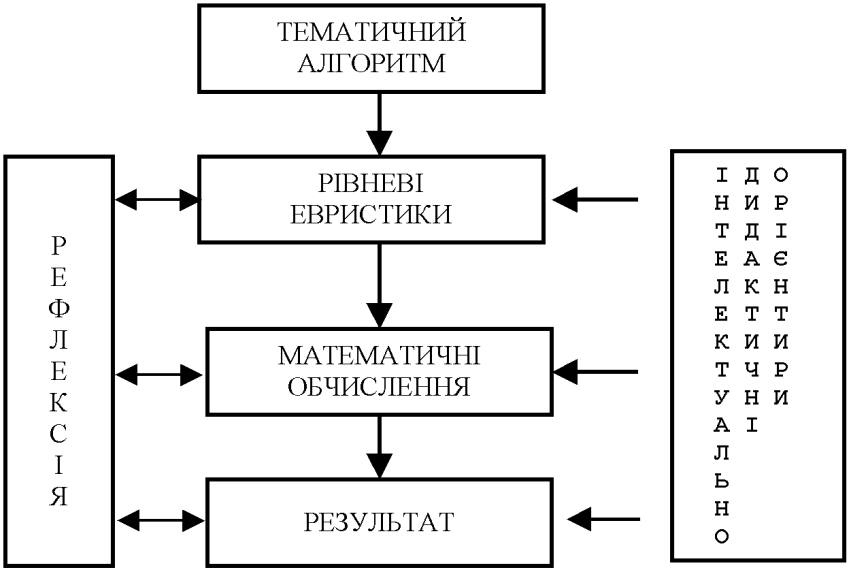
3. Який тиск створює на землю цегляна стінка висотою 3 м, якщо густина цегли дорівнює 1500 кг/м^3.

4. Визначити тиск, що його створює на поверхню підлоги стілець масою 3 кг, якщо основою ніжки стільця є квадрат зі стороною 2 см. Як зміниться тиск, якщо на стілець сяде людина масою 70 кг ?

Досвід роботи із семикласниками, які готуються до вступу в Криворізький природничонауковий ліцей, показує, що їм не під силу задачі достатнього і високого рівня. З перших уроків навчання розв'язуванню фізичних задач ми використовуємо евристичну технологію, як засіб організації пізнавальної діяльності учнів по створенню суб'єктивно нового освітнього продукту. Його застосування дає можливість одержати позитивний результат у власній дидактичній системі, створюючи нові моделі діяльності і їх трансформацію.

Ми розглядаємо евристику як напрямок пошуку. Визначальним і початковим началом евристичного методу є недостатня інформація про об'єкт пізнання. Метод спрямований не тільки на практичні дії з навчальним матеріалом, а й на формування інтелектуальних умінь на методологічному рівні вирішувати проблемну ситуацію без опори на наочність.

Технологічна схема методики евристичного навчання розв'язуванню фізичних задач має такий вид:



Важливим мотиваційним елементом процесу розв'язування задач є алгоритмізація цього процесу. Алгоритм тут виступає не як послідовність практичних дій, що приведуть до вірної відповіді конкретної задачі, а як напрямок мислення щодо розв'язання великої кількості задач, в першу чер-

гу, типових. Він стає тематичним алгоритмом, в якому міститься головна суть теми, що вивчається учнем. Тематичний алгоритм несе загальну ідею розв'язання задачі, а евристики сприяють конкретизації процесу мислення, вони допомагають встановити напрямок пошуку і в кожній задачі повинні бути різнорівневими, що сприяє індивідуалізації навчально-пізнавальної діяльності учня.

На евристично-розрахунковому етапі розв'язання задачі важливе значення мають інтелектуально-дидактичні орієнтири. Вони являють собою узагальнений досвід попередньої навчальної діяльності учня, свідомо спрямований на прогнозування наступних інтелектуальних дій. Ці орієнтири можуть бути як загальними для всіх учнів, так і власними, що визначає кожен учень для себе індивідуально.

Деякі з них можуть бути такими:

– кількість невідомих при розв'язуванні не повинна перевищувати кількість рівнянь;

– якщо умова задачі містить кратні величини, або вимагає однакових табличних значень, то вони скоротяться;

– деякі величини, яких не містить умова задачі треба взяти з таблиць, або вони мають скоротитися;

– якщо в задачі мова йде про ККД, то задачу треба розв'язувати з формули ККД;

– якщо в умові задачі мова йде про запас міцності, то задачу треба починати розв'язувати з формули коефіцієнта запасу міцності.

Значні труднощі учні восьмих і десятих класів мають під час розв'язання задач на рівняння теплового балансу, особливо, коли мова йде про зміну агрегатних станів речовини.

Розглянемо типову задачу достатнього рівня.

Задача. Скільки гасу треба спалити на нагрівнику з ККД 50%, щоб лід масою 300 г, взятий при температурі -15˚С, перетворити на пару при 100˚С?

Після запису умови задачі в скороченому вигляді учні використовують четвертий з наведених вище інтелектуально-дидактичних орієнтирів і записують формулу ККД $\eta = \frac{A_к}{A_з}$, звідки $A_з \cdot \eta = A_к$.

Використовуємо тематичний алгоритм розв'язування задач на рівняння теплового балансу:

1. Встановити, які тіла приймають участь у теплообміні [3, 32], [4, 43].

Відповідь: гас і лід.

2. Які тіла віддають енергію, а які приймають?

Відповідь: гас віддає енергію, а лід приймає.

Тоді $A_з = Q_г$, $A_к = Q_л$ і $Q_г \cdot \eta = Q_л$.

3. Встановити, при яких процесах гас віддає енергію, а лід приймає ***(звернутии увагу на температуру!)***.

Цей орієнтир дає можливість встановити, що під час розв'язування

треба врахувати процес нагрівання льоду і його плавлення, а також процес нагрівання і кипіння води. Потрібні величини беруться з таблиць: температура плавлення льоду $t_0 = 0^\circ C$ і температура кипіння води $t_к = 100^\circ C$.

Для визначення теплових процесів, які відбуваються з гасом і льодом необхідна, на наш погляд, наступна евристика у вигляді таблиці:

Віддає енергію		Формула	Приймає енергію	
ПРОЦЕС	Охолодження	$Q = cm(t_2 - t_1)$	Нагрівання	**ПРОЦЕС**
	Кристалізація	$Q = Lm$	Плавлення	
	Конденсація	$Q = rm$	Пароутворення	
	Горіння	$Q = qm$		

Таким чином, гас віддає енергію при згорянні:

$$Q_г = Q_{зг} = q_г m_г.$$

А лід приймає енергію і перетворюється на пару, пройшовши процеси: нагрівання льоду, плавлення льоду, нагріванні води, кипіння води. Тоді

$$Q_л = Q_{нл} + Q_{пл} + Q_{нв} + Q_{кв}$$

або:

$$Q_л = c_л m_л (t_0 - t_л) + Lm_л + c_в m_л (t_к - t_0) + rm_л.$$

4. Записати рівняння теплового балансу:

$$q_г m_г \cdot \eta = c_л m_л (t_0 - t_л) + Lm_л + c_в m_л (t_к - t_0) + rm_л.$$

5. Враховуючи, що $m_г = \rho_г \cdot V_г$, виводимо кінцеву формулу:

$$V_г = \frac{c_л m_л (t_0 - t_л) + L_л m_л + c_в m_л (t_к - t_0) + rm_л}{\eta q_г \rho_г}.$$

6. Виконати математичні обчислення.

Відповідь: $V_г = 0{,}5$ л.

При навчанні учнів розв'язувати задачі з теми «Електромагнітна індукція» звертаємо увагу на те, що явище електромагнітної індукції має місце при зміні магнітного потоку через поверхню, обмежену замкнутим контуром. Тому евристики починаються питанням: «Чи змінюється магнітний потік? Якщо магнітний потік змінюється, то можливі варіанти:

1. $\Delta\Phi = \Delta BS\cos\alpha$
2. $\Delta\Phi = B\Delta S\cos\alpha$
3. $\Delta\Phi = BS\Delta\cos\alpha$

До кожного варіанту евристик пропонуємо відповідні рівневі задачі:

Задача 1. Яка ЕРС індукції виникає в замкнутому контурі площею 50 см^2 за 0,01 с при зміні магнітної індукції від 0,1 до 0,5 Тл, якщо площа контуру перпендикулярна до ліній індукції магнітного поля?

Задача 2. Кусок мідного дроту довжиною 1 м складають удвоє і з'єднують кінці. Потім дріт розтягують, утворивши круг. Визначити, який заряд пройде через провідник, якщо вертикальна складова індукції магнітного поля Землі $5 \cdot 10^{-5}$ Тл, а опір дротини 5 мОм.

Задача 3. Дротяний виток має площу 500 см^2 і опір 1,5 Ом. Поверхня

витка перпендикулярна лініям індукції однорідного магнітного поля з індукцією 0,1 Тл. При повороті витка через дріт пройшов електричний заряд 1 мКл. На який кут повернули виток?

Після виконання подібних завдань можна пропонувати учням задачі високого рівня.

Навчально-пізнавальна діяльність учнів, що включає систему вправ з практичними завданнями, створює освітній продукт, який в наступній діяльності можна використати як евристику. Так, здійснюючи пояснення побудови зображень в тонких лінзах при умові, що $F < d < 2F$ і визначаючи результат побудови, пропонуємо учням продовжити побудову зображень в збиральній лінзі і заповнити таблицю:

Відстань від предмета до лінзи	Відстань від лінзи до зображення	Зображення
$d < F$	$f < F$ $f > F$	Уявне, пряме, збільшене
$d = F$	$f = \infty$	немає
$F < d < 2F$	$f > 2F$	Дійсне, обернене, збільшене
$d = 2F$	$f = 2F$	Дійсне, обернене, в натуральну величину
$d > 2F$	$F < f < 2F$	Дійсне, обернене, зменшене.

Потім пропонуємо учням виконати побудову зображень, які дає розсіювальна лінза і переконуємося, що всі вони будуть уявними і зменшеними. Результати всіх побудов використовуються як евристики при розв'язуванні задач на формулу тонкої лінзи, як збиральної, так і розсіювальної і сприяють свідомому і правильному застосуванні формули тонкої лінзи.

Досвід показує ефективність застосування евристичної технології розв'язування навчальних задач з фізики, що дозволяє моделювати і змінювати дидактичні ситуації, з успіхом формувати в учнів інтелектуальні вміння, розвивати їхні здібності до творчої діяльності і при цьому створювати нову якість індивідуального освітнього продукту.

Література:

1. Загвязинский В.И. Теория обучения. Современная интерпретация. – М.: 2001.
2. Мартынов И.И. Проблемы формирования мышления у школьников и содержание образования // Материалы конференции ТехноОБРАЗ 99. – Гродно, ГрГУ. – 1999.
3. Коршак Є.В. Ляшенко О.І. Савченко В.Ф. Фізика–8. – К.: Ірпінь, 2000.
4. Чаговець Б.М. Удосконалення алгоритмічного підходу під час розв'язування розрахункових задач // Фізика та астрономія в школі – 1998. – №3.
5. Хуторской А.В. Практикум по дидактике и современным методикам обучения. – С-Пб.: 2004.

РЕАЛИЗАЦИЯ КУЛЬТУРНО-РЕГИОНАЛЬНОГО КОМПОНЕНТА ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ УЧЕБНЫХ ЭКСКУРСИЙ

Т.Н. Попова
г. Керчь, Керченский морской технологический институт

Современные требования к образованию, реализующему на практике гуманистическую направленность обучения с целью одновременного обучения, воспитания и всестороннего развития личности выделяют духовно-нравственную культурологическую составляющие урока вообще и урока физики в частности.

Влияние культурологической составляющей урока (в том числе и урока физики) не меньше, чем других составляющих природы урока. Она учитывает психологические, менталитетные, национальные, этнические и другие особенности детей в классе. «На национально ориентированных уроках как уроках, имеющих культурологическую направленность, следует отказаться от господства принципа критического реализма и перейти к принципу опоры на лучшие, добрые страницы отечественной истории и культуры…» [2, 88]. Реализация культурологической составляющей урока делает урок гармоничным, гибким, приспособляемым под возрастные и индивидуальные особенности всех участников урока [2, 93].

Культурологический подход к обучению является актуальным для учителей АР Крым. В общеобразовательных школах Крыма классы формируются из детей всех национальностей, живущих на крымской земле. А их более 140. Целью культурологического подхода к обучению является осознание учениками всех сторон общечеловеческой культуры, истории, развития науки и физики, как науки, формирующей мировоззрение личности, и формирование личностной культуры человека. Реализация на практике культурологического подхода к обучению физике проводится учителем на всех этапах учебно-воспитательного процесса через привлечение учеников к самостоятельной работе, к творчеству, во внеклассной работе, при проведении экскурсий.

В современной методической литературе уделяется внимание разнообразным методам проведения экскурсий по физике с различными целями. А.И. Бугаев представляет экскурсию как одно из звеньев в общей системе учебной работы по физике [3, 213]. К.В. Альбин, Н.С. Белый, С.У. Гончаренко, А.С. Енохович, Л.И. Резников, Ф.М. Реснянский, М.И. Розенберг, А.Н. Склянкин, Е.Н. Соколова, А.В. Усова, Э.Е. Эвенчик, А.Н. Яворский рассматривают виды экскурсий на предприятия и методы их проведения [1, 71-74; 5]. А.И. Караваев, И.Я. Ланина, И.П. Шидлович рассматривают уроки- экскурсии как один из методов активизации отношения к усваиваемым знаниям и формирования рациональных приемов умственной деятельно-

сти [4, 71; 7, 158-159]. А.В. Сергеев проводил уроки-экскурсии на природу и считал их формой организации учебно-воспитательной работы с учащимися, позволяющей наблюдать и изучать предметы, процессы и явления природы в естественных условиях [6, 11, 140-149].

Данная статья ставит **проблему** практической реализации культурологической направленности физического образования в процессе проведения межпредметных экскурсий. Культурологическая направленность межпредметных экскурсий преследует цель изучения истории, географии, физики, биологии, этнографии, традиций тех мест, где родилась, растет и учится молодежь. Межпредметные экскурсии раскрывают перед учащимися и студентами органическую связь различных учебных предметов, национальных и межнациональных традиций с историей конкретного региона. Преподаватели могут направить познавательную деятельность учащихся и студентов после проведения межпредметных экскурсий на самостоятельное изучение поставленных перед ними вопросов и проблем по различным предметам.

Покажем на примере межпредметной экскурсии по городу-герою Керчи, как может быть реализована на практике культурно-региональная направленность экскурсий в учебном процессе.

На западной окраине Керчи у шоссе Керчь – Феодосия находится «грустный» памятник современного невежества. *Золотой курган* (Куль-оба) вблизи Керчи размещен на холме высотой около 100 м. Первоначально высота кургана составляла 15-16 м, курган был обложен громадными каменными блоками. В 20-х годах XIX в. российский генерал Розенберг, видимо, надеясь, что-либо найти, взорвал вершину кургана, но ничего кроме материала для строительства казарм не нашел. В 1832 г. во время раскопок в западной части кургана были обнаружены два склепа, разграбленные еще в древности. А все найденные археологические ценности были распроданы на «черном рынке», несмотря на старания сотрудников местного историко-археологического музея.

Но около Керчи находится еще один знаменитый памятник архитектуры – *Царский курган* (рис. 1). Построен в IV веке до нашей эры. Имеет совершенные формы. Курган построен без применения растворов или других скрепляющих средств. Его уникальность заключается в том, что он сохранился до наших дней в первоначальном виде. На фотографии видно, как погребальная камера со всех сторон засыпана землей.

Керчь расположена на востоке одноименного полуострова – восточной оконечности Крыма. Площадь полуострова равна примерно 3000 квадратных километров. Он расположен между двумя морями, между степью и горами и отличается микроклиматом, уникальным даже для Крыма. Только на Керченском полуострове имеются грязевые вулканы, нефтяные и целебные сероводородные источники, залежи руд. Здесь ученые наблюдают своеобразные биоценозы.

Керчь раскинулась вокруг восточного отрога древнего Парпачского

горного хребта, носящего поэтическое название Митридат. С востока город омывает Керченский пролив.

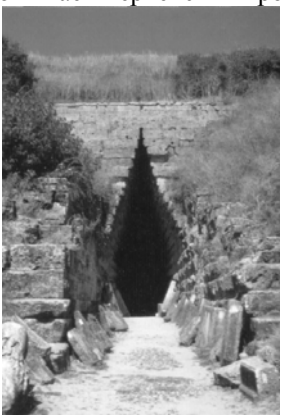


Рис. 1. Царский курган

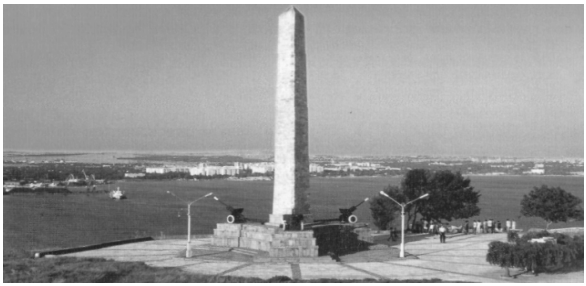


Рис. 2. Обелиск Славы на горе Митридат

Митридат – гора высотой 91,4 м над уровнем моря – символ Керчи. На вершине горы в античные времена находился акрополь (укрепленная часть античного греческого города, расположенного на холме) Пантикапея, столицы Боспорского царства. Стояли великолепные дворцы знати, величественные храмы в честь греческих богов.

Здесь погиб враг Рима царь Митридат VI Евпатор. Его предал сын Фарнак. После гибели Митридата на престол приходит Фарнак, который царствовал всего 5 лет. Он был разбит при г. Зела (современная Турция) Юлием Цезарем. Об этой победе Юлий Цезарь сообщил в Сенат знаменитым посланием: «Пришел, увидел, победил». Помнит гора Митридат и турецкое владычество, и то, как в 1699 году в проливе появился русский корабль «Крепость», на борту которого находился сам Великий Петр I.

На вершине горы Митридат побывал А.С. Пушкин. Именно с Керчи началось его «поэтическое открытие Крыма», ставшее впоследствии, по признанию Пушкина, «колыбелью его Онегина». До революции Керчь своим вниманием не обходили и царские особы. Были здесь и Александр I, и Николай I, и Александр II, и государыня Мария Александровна.

Но эта гора хранит и другую память. Сюда в декабре 1943 года, выйдя из Эльтигена, прорвались десантники 318-й Новороссийской стрелковой дивизии под командованием полковника В.Ф. Гладкова. Здесь, на вершине Митридата, 11 апреля 1944 года освободители Керчи водрузили красное знамя. В их честь установлен обелиск Славы (рис. 2).

Еще один памятник архитектуры, сохранившийся на территории Керчи – это *крепость Ени-Кале* (Новая крепость, турецк.), популярное место любителей исторического фехтования.

Крепость Ени-Кале (рис. 3) возведена турками на берегу Керченского

пролива, в самом узком его месте. Строительство крепости шло долго, и было завершено лишь в 1703 году. Руководили им французские инженеры.

Рис. 3. Крепость Ени-Кале с видом на Керченский пролив. С другой стороны пролива виден таманский берег (Россия)

Керченский пролив имеет длину около 41 километра и ширину от 4 до 15 километров. После искусственного углубления судоходного фарватера его глубина стала достигать 15 метров. Через него проходят огромные косяки рыбы, в том числе знаменитой керченской сельди и азовской хамсы.

Этот пролив соединяет Азовское и Черное моря, одновременно разделяя Крым и Тамань. Эллины называли его *Боспором Киммерийским*. В многовековом противостоянии Великой Степи и Средиземноморья он часто имел не только стратегическое, но и геополитическое значение, соединяя и разъединяя Север и Юг, Восток и Запад. Здесь проходило важнейшее перекрестье между Северной Евразией, Средней Азией, Китаем и Средиземноморьем. Через Керчь пролегал «Великий шелковый путь».

Город разбросан вдоль побережья на сорок километров. Вероятно, только здоровым энтузиазмом керчан можно объяснить размещение главного городского пляжа на одной из дальних окраин города.

Город Керчь – город, которому более 26 веков. Двадцать шесть веков истории дают Керчи право на звание Вечного Города наряду с Афинами, Римом, Александрией... Впрочем, Керчь имела довольно почтенный возраст, когда Александрии еще не было на свете. «Вечный город» – это город, в котором жизнь один раз начавшись, никогда не заканчивалась.

Самые древние поселения в окрестностях современной Керчи обнаружены в районе поселка Маяк, возраст поселений определяется XVII–XV веками до нашей эры.

Греческая колонизация в окрестностях Керчи началась не позже VI века до нашей эры. В районе Боспора (древнее название Керченского пролива, в переводе с древнегреческого – бычий брод) возникает несколько полисов.

На крымском берегу строятся Пантикапей, Мирмекий, Тиритака, Нимфей, Порфмий, Аполлония, Акра, Китей; на таманском – Фанагория, Гермонасса, Кепы, Патрей. Первоначально полисы были автономными городами-государствами, каждый из которых чеканил свою монету.

Постепенно возрастает роль Пантикапея, возведенного на склонах *горы Митридат* (рис. 4). Он сначала подчиняет близлежащие полисы, а в 480 году становится столицей Боспорского царства, которое объединило все боспорские города и города по обеим сторонам пролива в единое целое. В 107 г. до н.э. вспыхнуло восстание скифского населения и проскифской группировки во главе с Савмаком. Это выступление было подавлено Диофантом, полководцем Понтийского царя Митридата VI Евпатора. В последующие годы, заполненные войнами Митридата с Римом, столица Боспорского царства была сильно разрушена. Но в первые века нашей эры Пантикапей переживает новый экономический расцвет.

Рис. 4. Археологические раскопки древнего Пантикапея на горе Митридат

Рис. 5. Церковь Иоанна Предтечи

Главной особенностью боспорской культуры был ее смешанный характер, сложившийся из греческих и местных элементов. Ярким его образцом является *склеп Деметры*. Склеп Деметры в настоящее время практически полностью затоплен, поэтому возле Митридатской лестницы была восстановлена его технологическая копия.

Окончательно античная Керчь, как столица государства, прекращает свое существование в 70-е годы IV в., во время гуннского нашествия. Затем

город неоднократно переходит из рук в руки: то тюркоязычных племен и народов, то византийцев. Соответственно, меняются и его названия: тюркское Карша или Чарша, арабское Карх (по смыслу – рынок).

Появившиеся на берегах пролива славяне к IX–X вв. представляли собой уже большую силу, став единственными хозяевами Северного Причерноморья. С образованием удельного Тмутараканского княжества город, названный Корчевом, играет важную роль как морские ворота Киевской Руси. На берегу Керченского пролива появляются итальянские феодалы – венецианцы и генуэзцы, а с 1318 г. город носит название Черкио или Порт Святого Иоанна (по имени церкви Иоанна Предтечи – одного из древнейших христианских храмов).

Церковь Иоанна Предтечи построена приблизительно в IX веке. Это одно из самых старейших, сохранившихся до наших дней каменных зданий на Руси. Ее пол находится на глубине 4 м от уровня земли. Реставраторы специально оставили с южной наружной стороны яму глубиной в 4 м, чтобы современники могли увидеть «наслоение веков» на керченской земле.

Церковь Иоанна Предтечи (рис. 5) – единственный из памятников архитектуры, сохранившихся с периода расцвета Тмутараканского княжества (X–XI вв.).

Церковь представляет собой изящный четырехстолпный крестово-купольный храм с единственным куполом на высоком барабане. Массивные стены сложены из чередующихся полос, состоящих из белокаменных блоков и красного кирпича. Сочетание различных форм придает керченской церкви оригинальность и остроту, ее не спутаешь ни с какой другой: здесь как бы соединены две архитектурные системы – базиликальная и крестово-купольная.

Боспорское царство и Херсонес ведут постоянную борьбу за раздел сфер влияния, неоднократно при этом объединяясь против общего врага.

В VI веке средиземноморские поселения возрождаются византийцами. По решению византийского императора Юстиниана сюда был направлен гарнизон, и началось строительство крепости, получившей название Боспор. Город становится центром епархии, и культура местного населения развивается под влиянием греческого православия.

После нашествия войск Золотой Орды Керчь (с 1318 г. – уже Черкио) становится факторией генуэзцев, а в XV веке их сменяют турки. В 1703 году по проекту французских инженеров крепость реставрируется и одновременно возводится новая крепость Ени-Кале, замыкающая проход через пролив. Она была более выгодно расположена для противостояния русским войскам, чем старая, находящаяся в глубине Керченской бухты. В районе Ени-Кале было и тмутараканское городище: в 1872 году здесь при раскопках была найдена свинцовая печать Ратибора, наместника Великого князя Киевского Всеволода в Тмутаракани. Крепость неоднократно захватывали русские войска во время многочисленных войн с Турцией, но уже с 1774 года

Керчь переходит к России. В 1790 году в Керченском проливе происходит бой, в котором русский флот под командованием адмирала Ф.Ф. Ушакова одерживает над турками блистательную победу.

Потеряв после присоединения Крыма к России свое военно-стратегическое значение, Керчь переживает упадок. В начале XIX века здесь живет всего 250 жителей, но открытие в 80-е годы огромного железорудного месторождения, строительство железной дороги и углубление в 1908 году Керченского пролива превращают город в крупный индустриальный центр. В 1939 году в Керчи проживает уже более 100 тысяч жителей.

В годы Великой Отечественной войны линия фронта трижды проходила через Керчь (первый раз после двух недель обороны Красная армия оставила Керчь 16 ноября 1941 г., второй – в результате Керченско-Феодосийской операции Керчь была освобождена 30 декабря 1941 г. и оставлена 19 мая 1942 г., третий – Керченско-Эльтигенская операция началась 31 октября 1943 г., а окончательно Керчь была освобождена 11 апреля 1944 г.). После отступления часть советских воинов вместе с партизанами уходит в *Аджимушкайские каменоломни*, откуда ведет сражение с мая до конца октября 1942 года, преодолевая холод, голод, нехватку боеприпасов и газовые атаки.

Аджимушкайские каменоломни близи Керчи – один из самых драматических памятников времен Великой Отечественной войны. От братской могилы партизан на восток простирается ложбина, южная часть которой явственно выделяется громадами скал, вздыбленных взрывами огромной силы. Здесь берут начало Большие (центральные) каменоломни. К северу от ложбины находятся Малые каменоломни. На их поверхности стела с надписью, что в этих каменоломнях в конце 1941 года сражался против немецко-фашистских захватчиков партизанский отряд им. В.И. Ленина. У начала ложбины колодец «сладкой воды», являвшийся в начальный период боевой деятельности гарнизона источником водоснабжения. 170 дней и ночей сражались воины подземного гарнизона.

В 1989 году на месте Аджимушкайского рва открыт памятник. Здесь летом 1942 года расстреляно 2269 жителей и советских военнопленных.

В Керчи находится самый мощный в Крыму морской порт – целый комплекс торговых, грузовых и рыболовецких причалов.

Один из старейших музеев Украины – историко-археологический. Музей был открыт стараниями керченского градоначальника, члена-корреспондента Парижской академии И.А. Стемпковского 2 июня 1826 года. Первое здание музея было разрушено в Крымскую войну при бомбардировке города английскими кораблями. Затем доблестные сыны Альбиона увезли домой множество ценнейших экспонатов. Еще одно разорение Керченский историко-археологический музей пережил в годы второй мировой войны. В послевоенные годы музей был восстановлен, пополнился новыми экспонатами.

Рядом с церковью Иоанна Предтечи разместился Морской институт

(ЮгНИРО), в музее которого представлена богатейшая коллекция флоры и фауны Азово-Черноморского бассейна, Индийского океана, Атлантики и Субарктики.

По всему городу ведутся археологические раскопки, наглядно представляющие нам историю города, Крыма, Европы и Азии.

На севере полуострова, в селе Курортном, на мысе Зюк. Мыс Зюк – крайняя северная точка Керченского полуострова, разделяет живописными хаосами из сероватого керченского известняка и маленькими «карманными» пляжами две обширные бухты (рис. 6) – Рифов (на востоке) и Морской пехоты (на западе). Неподалеку Чокракское соленое озеро с целебной грязью.

Рис. 6. Рифовые бухты на берегу Азовского моря

Еще один уникальный памятник природы – атолловый риф-мыс Казантип. Мыс Казантип, уходящий в Азовское море далеко на север, чрезвычайно интересное место, имеет черты диковатого, пустынного и какого-то несовременного, не из этой жизни пейзажа.

На мысе Казантип, а точнее, на берегу Акташского соленого озера, было решено возвести атомную станцию. Большими усилиями и даже голодовками крымских «зеленых» стройку остановили. Но остались огромные корпуса, в которых гуляет ветер, и город Щелкино. Назван он в честь академика Кирилла Ивановича Щелкина (1911–1968), который, как и И.В. Курчатов, получил образование в Симферопольском университете, а потом стал одним из ведущих специалистов атомной энергетики, специализируясь на проблемах горения и детонации.

После такой межпредметной экскурсии на уроке физике предлагаются вопросы для самостоятельного детального рассмотрения, которые вправе стать темами межпредметных проектов, презентаций, рефератов по физике:

1. Как возникали рукотворные курганы вокруг Керчи? Почему древние люди сначала строили погребальные камеры, а затем засыпали их зем-

лей, тщательно маскируя туда вход?

2. Какие природные особенности и явления формируют керченский климат?

3. Какие природные факторы влияют на сохранение биоценозов, сосуществующих на Керченском полуострове?

4. Как возникли коралловые рифы (атоллы) над берегом Азовского моря Керченского полуострова?

5. Какие причины повлияли на выбор турками места под строительство крепости Ени-Кале?

6. Какие экономико-географические, причины лежат в основе возникновения на Боспоре древнегреческих поселений?

7. Какие факторы повлияли на возможность города Керчи войти в десятку «вечных городов мира»?

8. Откуда возникает впечатление, что церковь Иоанна Предтечи уходит постепенно в землю? Как образовывалось «наслоение веков»?

9. После того, как у стен Керчи «появилось четвертое море» – Северокрымский канал, затопленными оказались не только некоторые памятники древней архитектуры, а и многие подвалы современных зданий. Это стало причиной того, что с середины 70-х годов XX в. и до сих пор стены домов в некоторых районах даже в самое жаркое время года остаются влажными. Как можно объяснить это явление?

10. Почему возникла необходимость углублять фарватер через Керченский пролив? Почему существует служба, которая следит за глубиной фарватера?

11. Как повлияла на развитие города разработка железорудного месторождения, расположенного вокруг города?

12. В районе Керчи найден минерал, которого больше в мире нигде не обнаружено. Его так и назвали – керченит. Какие природные условия способствовали образованию этого минерала в Керченской земле?

13. Что стало реальной причиной остановки строительства Крымской АЭС на территории Керченского полуострова?

Если внимательно слушать экскурсовода, то на все эти вопросы в его рассказе можно найти ответы. Но ответы будут полными только после самостоятельного дополнительного изучения выбранного вопроса. Практически ответами на поставленные вопросы будут знания о физических явлениях, законах, которые повлияли или легли в основу наблюдающихся как исторических, так и природных явлений. В этом, по нашему мнению, заключается культурно-региональная направленность межпредметных экскурсий.

Организация межпредметных экскурсий предъявляет к учителям физики определенные требования к знаниям, умениям, эрудиции, практической деятельности: систематично заниматься самообразованием, изучая последние достижения педагогики (в том числе и экологической педагогики), методологии, методики физики; накапливать, систематизировать материал по

физике, культурологии, этнографии, синтезировать и внедрять этот материал в учебно-воспитательный процесс на уроках физики; учить учеников научным и культурным знаниям, знакомить с историей развития науки и с историей развития культуры человеческого общества, давать знания о сущности науки и культуры, как мира человека; реализовывать на уроках физики межпредметные связи на основе культурологического подхода к обучению, на примерах отечественного и зарубежного развития культуры, науки, образования; прививать ученикам любовь к родному краю, государству, украинскому народу.

Выводы:

1. Культурологическая природа урока – это его экология, экология человека и образования. Культурологическая природа урока позволяет понять ученику себя, как части целого – истории своего народа, государства, мира, цивилизации.

2. Умения и навыки учителя накапливать, систематизировать материал по физике, культурологии, этнографии Крыма, синтезировать и внедрять этот материал в учебно-воспитательный процесс на уроках физики в общей структуре деятельности учителя выступают самостоятельным компонентом.

3. Смысл культурологического подхода к обучению мы видим не только «в сохранении и развитии этнокультурных особенностей народов разных национальностей независимо от того, в какой культурной и социальной среде они проходят обучение» [2, 103], а и в умении учителя соединять знания, накопленные наукой, с культурологическими знаниями и применять их в учебном процессе с целью обучения, воспитания и развития подрастающего поколения, способного в будущем разрешать любые проблемы.

Литература:

1. Альбін К.В., Білий М.С., Гончаренко С.У., Розенберг М.Й., Яворсь кий А.М. Методика викладання фізики. – К.: Вищ. шк., 1970. – 300 с.
2. Безрукова В.С. Все о современном уроке в школе: проблемы и решения. М.: «Сентябрь», 2004. – 160 с.
3. Бугаев А.И. Методика преподавания физики в средней школе: Теорет. основы: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по физ.-мат. спец. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.
4. Ланина И.Я. Формирование познавательных интересов учащихся на уроках физики: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1985. – 128 с.
5. Производственные экскурсии по физике: Пособие для учителей. Под ред. Л.И. Резникова. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1954. – 236 с.
6. Сергеев А.В. Наблюдения учащихся при изучении физики на первой ступени обучения: Пособие для учителей. – К.: Рад. шк., 1987. – 152 с.
7. Урок-экскурсия (И.Я. Ланина, И.П. Шидлович, А.И. Караваев) / Урок физики в современной школе: Творческий поиск учителей: Кн. для учителя / Сост. Э.М. Браверман. – М.: Просвещение, 1993. – 288 с.

ВИКОРИСТАННЯ НА ЗАНЯТТЯХ З ФІЗИКИ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ФІЗИКИ З БІОЛОГІЄЮ

І.М. Пустинникова, Ю.Г. Мазалова
м. Донецьк, Донецький національний університет
Rusbor1@yandex.ru

Досвід показує, що учні біологічних класів мало цікавляться фізикою. Досить часто при вивченні фізики вони запитують: навіщо потрібна ця наука, що корисного в житті вона може дати?

Анкетування, яке було проведене серед учнів біологічних класів ліцею "Ерудит", показало, що близько 60% опитаних учнів вважають: фізика біологам не потрібна, 10% вважають – потрібна і 30% учнів не змогли визначитися з відповіддю. Це ж анкетування показало, що лише 15% учнів біологічних класів отримують на уроках фізики інформацію, яка є корисною та цікавою саме для них. З цих даних випливає, що тільки близько 15% учнів із зацікавленням слухають вчителя на заняттях з фізики, ще приблизно 30% вчать фізику, щоб "не зіпсувати" гарний атестат або щоб скласти вступні іспити до обраного навчального закладу. Але ж і в цих випадках школярі часто не намагаються зрозуміти цю науку, що так важко їм дається, вони просто вчать напам'ять закони, означення, правила та навіть розв'язки деяких задач. Тому варто змінити хоча б одну позначку, і учень вже починає плутатися в тому, про що до цього так "блискуче" розповідав. Інші ж діти зовсім байдуже ставляться до фізики: вони не просто її не вчать та не розуміють, вони навіть не намагаються щось зрозуміти або хоча б завчити.

Як правило, особливо гостро ця проблема постає перед вчителями старших класів, оскільки учні, які вже визначилися з вибором професії, цілеспрямовано витрачають багато часу на підготовку до вступних іспитів з обраної спеціальності (що іноді шкодить вивченню інших предметів). Потім, коли вони вже вступили на біологічний факультет, "з'ясовується", що біологи вивчають не тільки ботаніку і зоологію, а ще й фізику. «Навіщо вона нам потрібна?» – дивуються студенти.

Загальновідомо, що проблему легше попередити, ніж потім вирішувати. І такі спроби існують. Наприклад, створено спецкурс "Фізика живої природи" [11], який розраховано на учнів 10–11 класів. Однак викладається він далеко не в усіх школах. Не секрет, що хоча і біологія, і фізика є природничими дисциплінами, але біологи, як правило, вважають себе гуманітаріями. А коли інтерес до фізики загублений, тоді викладач зіштовхується не тільки з тим, що студенти не розуміють його пояснень, але, як правило, і з тим, що вони навіть не намагаються що-небудь зрозуміти. У такій ситуації перед викладачем, що бажає залучити студентів до світу фізичних явищ, відкриттів і законів, постає задача – пробудити інтерес до предмета. Щоб запобігти байдужому ставленню студентів-біологів до фізики, викладач по-

винен зацікавити їх, тобто запропонувати їхній увазі таку інформацію, яка б яскраво ілюструвала міжпредметні зв'язки фізики з "рідною" для них біологією, сприяла формуванню цілісної сучасної наукової картини світу.

Для досягнення цієї мети бажано на заняттях з фізики наводити приклади, що ілюструють зв'язок фізики з іншими науками, які вивчають студенти у вузі. Звичайно ж, такі приклади можна знайти в різноманітних книгах [10; 12] і в журналах: «Фізика в школі», «Біологія в школі», «Фізика та астрономія в школі», але вони, як правило, розрізнені, що значно утруднює пошук необхідного матеріалу до конкретного заняття. З усіх міжпредметних зв'язків фізики з іншими природничими науками, як правило, найменш явно прослідкуються зв'язки саме фізики з біологією (адже в тій же хімії формулювання багатьох означень і законів збігаються з формулюваннями у фізиці). Але ж ці зв'язки існують! У роботі наведений ряд прикладів фізико-біологічного змісту, які можна використовувати як при викладанні матеріалу на лекціях, так і при проведенні практичних і семінарських занять. На попередній конференції вже розглядалися приклади, в яких використовуються міжпредметні зв'язки фізики і біології, та які дозволяють пробудити інтерес до фізики [5].

Наведемо нижче коротко деякі з таких прикладів.

Різнокольорове забарвлення крилець метеликів пояснюється явищем інтерференції в тонких плівках. Ведмеді під час риболовлі "враховують" заломлення світла при переході з повітря у воду і тому завжди точно б'ють лапою по рибині. У деяких амфібій око поділене на дві частини: верхньою вони добре бачать у повітрі, нижньою – у воді. Багато глибинних риб створюють навколо себе електромагнітне поле, за характером зміни якого визначають швидкість та розміри істоти, що наближається. А інші глибинні риби мають спеціальні органи (лоренцинові ампули), за допомогою яких відчувають чуже електромагнітне поле. Такі істоти, як скати та вугри, взагалі можуть вдарити струмом. Лапки птахів, вкриті лише шкірою, не мерзнуть, а зайцеві-біляку, щоб не замерзнути, на лапах потрібне хутро.

Розглянемо деякі приклади більш детально.

Більшість садівників і городників поливають рослини тільки ввечері чи раннім ранком. З чим це пов'язано? (Відповідь. Щоб зменшити випаровування води. Крім того, безліч дрібних крапель, що залишилися на рослинах після поливу, являють собою маленькі лінзи, що фокусують сонячні промені, тому при поливі вдень листя може одержати сонячні опіки.) [8].

Вуха арктичної лисиці малі в порівнянні з вухами лисиці, що живе в помірному кліматі, а їхній родич з пустелі Сахари – фенек – має величезні вушні раковини, пронизані мережею кровоносних судин. Чим з погляду фізики можна пояснити це розходження лисячих вух? (Відповідь. Розміри вух відіграють важливу роль у теплообміні й економії тепла, адже його втрати пропорційні поверхні тіла. Тому в холодних областях вуха лисиці менші, ніж у лисиць з більш теплих місць. У пустелі фенек потребує особ-

ливо великих вушних раковин: для відводу від його тіла великої кількості тепла; надлишки тепла йому допомагають відводити і численні кровоносні судини, що грають роль радіатора.) [8].

Кашалот на лобі має спермацетовий орган. Він служить для керування його плавучістю. Як здійснюється це керування. (Відповідь. Спермацетовий орган містить жир, який помітно змінює свій об'єм під впливом температури (з опусканням на глибину). При зниженні температури жир стає густішим і з рідини перетворюється на білувату кашку, що складається з кристалів. В такому стані він займає менше місця, витісняє менше води, тому плавучість зменшується.) [6; 7].

В організмі деяких бактерій є феромагнітна речовина – магнетит. Які гіпотези ви висунете в зв'язку з цим про особливості поведінки даних бактерій? (Відповідь. Ці бактерії повинні мати чутливість до магнітного поля; вони, очевидно, можуть орієнтуватися по магнітних силових лініях магнітного поля Землі і пересуватися вздовж них.) [8].

Відомо, що в горбах верблюда містяться жирові запаси. Що дає ця особливість тварини? (Відповідь. Можливість інтенсивного теплообміну з навколишнім середовищем. Якби жир був розподілений рівномірно по всьому тілу, то через його погану теплопровідність верблюд не міг би в пекучій пустелі віддати, «скинути» надлишки свого тепла і загинув би від перегріву.) [8].

Біофізики за допомогою найдосконалішої апаратури знайшли в крові полярної тріски речовину, аналогічну за дією автомобільному антифризу. Якщо додати цю речовину в дистильовану воду, то та не замерзає при від'ємній температурі. Про що говорить факт присутності природного антифризу в риби? (Відповідь. "Антифриз", виявлений у крові риби, сприяє тому, що вона не замерзає при температурі, нижчій за нуль градусів.) [9].

Морський вугор має особливі пластинки, що йдуть від хвоста до спинного плавця і перемежовані зі студенистою речовиною. Вважається, що все це створює небезпеку для життя людини. Ваша версія того, чому зроблено такий висновок. (Відповідь. Пластинки, що перемежовуються зі студенистою речовиною, утворюють свого роду батарею гальванічних елементів, у якої між полюсами мається значна напруга, небезпечна для людини. Якщо людина доторкнеться до вугра, по ній пройде струм високої напруги.) [9].

Після весняного паводка берег біля закруту ріки покрився мулом і став грузлим. Кінь, якого водили на водопій, із утрудненням витягав ноги з грузлого ґрунту. Однак вівці це робили порівняно легко. Чому? (Відповідь. Коли кінь витягає ногу з грузлого ґрунту, під ногою створюється простір, у який повітря не може потрапити. Нога коня в даному випадку подібна поршню, тому тиск у цьому просторі виявляється меншим за атмосферний. Витягаючи ногу, кінь переборює не тільки опір ґрунту, але і тиск навколишнього повітря. Ратиця коня не пристосована до пересування болотистим ґрунтом. Вівці мають іншу будову стопи. Коли тварини витягають ногу з грузлого

ґрунту, частини копита зближаються і, завдяки цьому, повітря проникає в простір під ногою.) [10].

При вивченні волосків хутра білого ведмедя під електронним мікроскопом було встановлено, що вони являють собою мініатюрний світлопровід, який пропускає крізь себе лише ультрафіолетове сонячне випромінювання, а те, у свою чергу, поглинається чорною шкірою тварини. А не втрачають ведмеді тепла за рахунок випромінювання також завдяки своєму хутру [3].

Геккони – дуже багате видами сімейство тварин. Вони зустрічаються в усіх теплих країнах, якщо там досить комах (якими вони харчуються) і не занадто холодні ночі, оскільки більшість видів полює по ночах. Геккони вільно можуть ходити по гладких стінах та стелі. Приплющені і широкі, як "снігоступи", лапки геккона покриті борозенками, кожна з яких складається з багатьох тисяч найтонших щетинок. Щоб пересуватися по шорсткуватій поверхні, геккону досить гострих кігтів на кінцях пальців. Якщо ж площина гладка, тоді починають діяти щетинки борозенок. Ставлячи борозенки під потрібним кутом одну до одної, геккон бігає по стелі догори ногами і знаходить невидимі оку і недоступні дотику людини подряпини навіть на дзеркальному склі. Такого дивовижно тонкого механізму природа не повторила, здається, більш ніде, зробивши геккона самою чіпкою твариною на світі [2; 4].

Малійці називають цю рибку черботтана. Її довжина всього 20 см. Але вона має дивну здатність. Не спливаючи на поверхню, вона стріляє цівками води убік комах, що снують над рікою. Комахи падають і стають легкою здобиччю цієї рибки. Дивне в цьому те, що, прицілюючись, рибка враховує кут заломлення світла на границі води і повітря і влучає точно в комаху! [1].

Щоб бачити вночі, кобра використовує спеціальну систему: між очима і ніздрями в неї є особливі комірки, здатні уловлювати інфрачервоне випромінювання, тобто теплові промені. Тому навіть у темряві кобра здатна знайти жертву, яка випромінює тепло [1].

Деякі тварини (наприклад, кішки) бачать уночі краще, ніж удень. Усередині їхнього ока є велика кількість клітин, здатних уловлювати світлові імпульси. Крім того, їх очі вночі здаються маленькими дзеркалами, оскільки мають додатковий шар клітин ("світний килимок"), що відбивають навіть самий слабкий промінь світла. Вони посилають його на сітківку, поліпшуючи таким чином нічний зір [1].

Існують галофільні бактерії, що обожнюють солону воду. У середовищі, де плавають ці пурпурні бактерії, професор Стокеніус з Каліфорнії при опроміненні їх світлом знайшов таємничу появу протонів. Інший учений – Пакер – зібрав з цих бактерій бактеріородопсинову батарейку. Електрична лампочка, підключена до такої батарейки, горіла 90 хв, а вся система зберігала свою «боєздатність» протягом 6 місяців [12].

Використання прикладів з міжпредметними зв'язками допомагає акти-

візувати пізнавальну діяльність студентів-біологів на заняттях з фізики. А систематичне застосування міжпредметних зв'язків дозволяє зацікавити їх фізикою, а тим самим підвищити якість їхніх знань.

Література:

1. Большая книга экспериментов для школьников / Под ред. Антонеллы Мейяни; Пер. с ит. Э.И. Мотылевой. – М.: ООО «Издательство «РОСМЭН-ПРЕСС», 2003. – 260 с.

2. Ленц Н. 1000 чудес мира животных: Пер. с нем. Е. Зись. – М.: ООО «Издательство «Олимп»: ООО «Издательство АСТ», 2002. – 251 с.

3. Оказывается // Юный натуралист. – 1987. – № 7. – С. 25.

4. Песков В. Чертики на стекле // Комсомольская правда в Украине. – 2002. – 22.02. – С. 35.

5. Пустынникова И.Н., Мазалова Ю.Г. Активизация познавательной деятельности учащихся биологических классов при изучении физики путем использования межпредметных связей физики с биологией // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 5: В 3 т. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2005. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – С. 281–285.

6. Родина Н.А. Архимедова сила и киты // Занимательно о физике и математике / Сост. С.С. Кротов, А.П. Савин. – М., 1987. – Б-ка «Квант». Вып. 50. – С. 12–15.

7. Теплов М.Я. Подорож до країни Калорія // Все для вчителя. – 2000. – № 20. – С. 44–47.

8. Третьяков В.Н., Третьякова Т.В. Физико-биологическая декада в школе // Физика в школе. – 2000. – № 1. – С. 62–66.

9. Третьяков В.Н., Третьякова Т.В. Физико-биологическая декада в школе // Физика в школе. – 2000. – № 2. – С. 56–63.

10. Хуторской А.В., Хуторская Л.Н. Увлекательная физика: Сборник заданий и опытов для школьников и абитуриентов с ответами. – М.: АРКТИ, 2001. – 192 с.

11. Чуйко О.В. Фізика в живій природі. – Х.: Вид. група "Основа", 2005.– 96 с. (Б-ка журн. "Фізика в школах України". Вип. 11 (23)).

12. Юфанова И.Л. Занимательные вечера по физике в средней школе: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1990. – 159 с.

ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ПОСЛІДОВНИХ РУХІВ ОДНОГО ТІЛА ЗА ДОПОМОГОЮ ППЗ *GRAN*1*W*

М.М. Задорожній
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Серед фізичних задач зустрічаються задачі, в яких одне тіло послідовно здійснює кілька різних рухів. Як правило, графіки таких рухів використовуються як умова задачі, а побудова цих графіків зустрічається рідко.

Причиною труднощів для побудови таких графіків є необхідність використання властивостей перетворення графіків функції та велика кількість обчислень. Для розв'язування таких графічних задач необхідно дати пояснення цих властивостей у застосуванні до фізичних явищ.

Як відомо з [1, 214-217], при перенесенні графіка функції $y = f(x)$ в точку (x_1, y_1) вираз для нової функції матиме вигляд $y = y_1 + f(x - x_1)$.

Нехай відбувається кілька послідовних рухів одного й того самого тіла. Залежність величини, графік якої будується, від часу на кількох проміжках Δt_1, Δt_2, Δt_3 позначимо через $f_1(t), f_2(t), f_3(t)$, область визначення цих функцій відповідно $0 \le t \le \Delta t_1$, $0 \le t \le \Delta t_2$, $0 \le t \le \Delta t_3$, межі інтервалів часу позначимо t_o, t_1, t_2, t_3. (рис. 1).

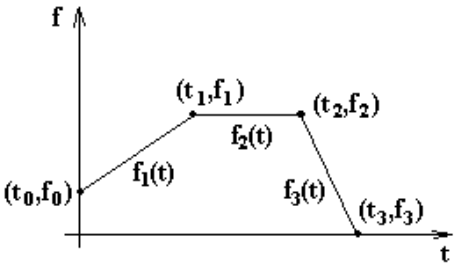


Рис. 1.

Запишемо вирази для залежностей $f(t)$ для кожного руху на всьому інтервалі часу:

$f_1(t) = f_0 + f_1(t - t_0)$ $\quad f_2(t) = f_1 + f_2(t - t_1)$ $\quad f_3(t) = f_2 + f_3(t - t_2)$

Область визначення нових функцій

$t_o \le t \le t_1$ $\quad t_1 \le t \le t_2$ $\quad t_2 \le t \le t_3$

Залежність між моментами часу на кінцях проміжків

$t_1 = t_o + \Delta t_1$ $\quad t_2 = t_1 + \Delta t_2$ $\quad t_3 = t_2 + \Delta t_3$

Значення функції на кінцях проміжків часу визначаються, виходячи з умови задачі.

Для побудови графіка такого руху за допомогою ППЗ *Gran*1*W* [2, 8-26] треба записати вирази для функції на кожному інтервалі часу та вказати

межі цих інтервалів.

Розглянемо застосування ППЗ Gran1*W* для розв'язування графічних задач на рух, використовуючи технологію розв'язування фізичних задач [3, 132-138].

Задача 1. Побудувати графік швидкості руху автобуса, який, рушаючи від зупинки, 1 хв. рухався з прискоренням 0,4 м/с^2, потім 2 хв. їхав з постійною швидкістю і перед зупинкою гальмував з прискоренням 0,6 м/с^2.

Аналіз явищ: Автобус здійснює послідовно три різних рухи, які можна вважати рівноприскореними, тому зміну швидкості кожного окремого руху можна описати стандартною формулою $\upsilon_x = \upsilon_{x0} + a_x t$.

Ця формула описує лише один рух окремо, і час в ній як аргумент функції змінюється від 0 до часу руху на кожній ділянці. Для побудови спільного графіка необхідно записати формули швидкості для всього часу руху.

$\upsilon_{x1}(t) = \upsilon_{x\,0} + a_{x1}(t - t_o)$	$\upsilon_{x\,2}(t) = \upsilon_{x1} + a_{x\,2}(t - t_1)$	$\upsilon_{x\,3}(t) = \upsilon_{x\,2} + a_{x3}(t - t_2)$
$t_o \le t \le t_1$	$t_1 \le t \le t_2$	$t_2 \le t \le t_3$
$t_1 = t_o + \Delta t_1$	$t_2 = t_1 + \Delta t_2$	$t_3 = t_2 + \Delta t_3$
Величини:		
$t_o = 0$	$\Delta t_2 = 2$ хв $= 120$ с	$ax_3 = -0{,}6$ м/с^2
$\Delta t_1 = 1$ хв $= 60$ с	$a_{x\,2} = 0$	$\upsilon_{x\,3} = 0$
$a_{x1} = 0{,}4$ м/с^2		
$\upsilon_{xo} = 0$		
Формули:		
$\upsilon_{x1}(t) = 0{,}4t$	$\upsilon_{x\,2}(t) = 24$	$\upsilon_{x\,3}(t) = 24 - 0{,}6(t - 180)$
$\upsilon_{x1} = \upsilon_{x1}(t_1)$	$\upsilon_{x2} = \upsilon_{x1}(t_2)$	$a_{x\,3} = (\upsilon_{x\,3} - \upsilon_{x\,2})/\Delta t_3$
		$\Delta t_3 = (\upsilon_{x\,3} - \upsilon_{x\,2}) / ax_3$
Обчислення:		
$t_1 = 60$ с	$t_2 = 60 + 120 = 180$ с	$\Delta t_3 = -24 / -0{,}6 = 40$ с
$\upsilon_{x1} = 0{,}4 \cdot 60 = 24$ м/с	$\upsilon_{x\,2} = 24$ м/с	$t_3 = 180 + 40 = 220$ с

Побудова графіка за допомогою Gran1W (рис. 1)

$Y(x) = 0.4*x$	$Y(x) = 24$	$Y(x) = 24 - 0.6*(x-180)$
$A = 0$	$A = 60$	$A = 180$
$B = 60$	$B = 180$	$B = 220$

Задача 2. Побудувати графік руху автобуса за умовою попередньої задачі.

Аналіз явищ: Автобус здійснює послідовно три рухи, які можна вважати рівноприскореними рухами, що описуються рівнянням

$$f(t) = x(t) = x_0 + \upsilon_{x\,0} t + a_x t^2/2$$
$$0 \le t \le \Delta t$$

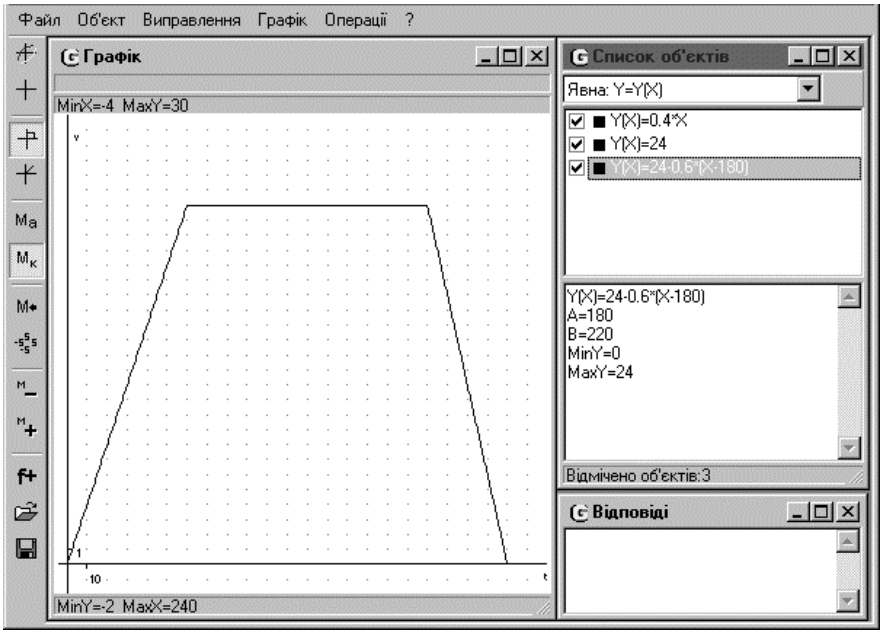


Рис. 1

Запишемо рівняння цих рухів для спільного інтервалу часу

$$x_1(t) = x_0 + \upsilon_{x\,0}(t - t_o) + a_{x1}(t - t_0)^2/2$$

$$t_0 \le t \le t_1$$

$$x_2(t) = x_1 + \upsilon_{x\,2}(t - t_1)$$

$$t_1 \le t \le t_2$$

$$x_3(t) = x_2 + \upsilon_{x\,2}(t - t_2) + a_{x\,3}(t - t_2)^2/2$$

$$t_2 \le t \le t_3$$

Запишемо залежність між моментами часу на кінцях проміжків

$$t_1 = t_o + \Delta t_1 \qquad t_2 = t_1 + \Delta t_2 \qquad t_3 = t_2 + \Delta t_3$$

Величини:

$x_0 = 0$; $\upsilon_{x\,0} = 0$
$t_0 = 0$
$\Delta t_1 = 1$ хв. $= 60$ с
$a_{x1} = 0{,}4$ м/с^2

$\Delta t_2 = 2$ хв. $= 120$ с
$a_{x\,2} = 0$

$a_{x\,3} = -0{,}6$ м/с^2
$\upsilon_{x\,3} = 0$

Формули:

$x_1(t) = 0{,}4t^2/2 = 0{,}2t^2$
$x_1 = x_1(t_1)$
$\upsilon_{x1} = \upsilon_{xo} + a_{x1}t_1$

$\upsilon_{x\,2} = \upsilon_{x1}$
$x_2(t) = 720 + 24(t - 60)$
$x_2 = x_2(t_2)$

$x_3(t)=3600+24(t-180)-0{,}3(t-180)^2$
$a_{x\,3} = (\upsilon_{x\,3} - \upsilon_{x2}) / \Delta t_3$
$\Delta t_3 = (\upsilon_{x\,3} - \upsilon_{x2}) / a_{x\,3}$

Обчислення:
$t_1 = 60$ с
$x_1 = 0{,}2 \cdot 60^2 = 720$ м
$\upsilon_{x1} = 0{,}4 \cdot 60 = 24$ м/с
$t_2 = 60 + 120 = 180$ с
$\upsilon_{x2} = 24$ м/с
$x_2 = 720 + 24(180\text{-}60) = 3600$ м
$\Delta t_3 = -24/\text{-}0{,}6 = 40$ с
$t_3 = 180 + 40 = 220$ с

Побудова графіка за допомогою Gran1W (рис. 2)
$Y(x) = 0.2*x\text{^}2$
$A = 0$
$B = 60$
$Y(x) = 720+24*(x\text{-}60)$
$A = 60$
$B = 180$
$Y(x)=3600+24*(x\text{-}180)–0.3*(x–180)\text{^}2$
$A = 180$; B = 220

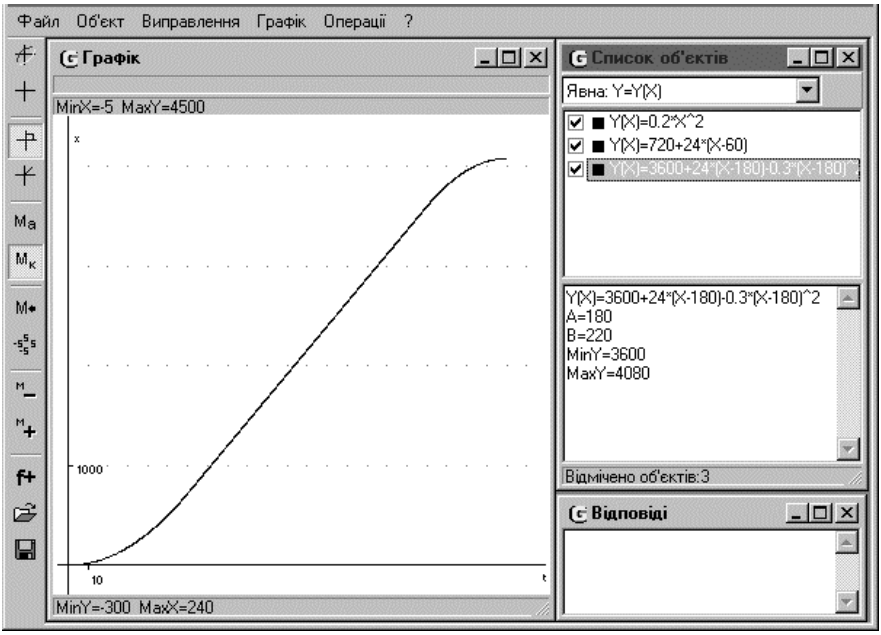


Рис. 2

Як видно з розв'язків цих задач, вони містять велику кількість формул та обчислень, тобто потребують для свого розв'язування достатньої математичної підготовки, знання фізичних явищ та їх властивостей, вільного володіння персональним комп'ютером та знання ППЗ *Gran1W*.

Звичайно, такі задачі зможуть розв'язати лише учні, які володіють вказаними предметами на високому рівні.

Разом з тим, ці задачі є доступними для учнів середньої школи, тому що їх розв'язки не містять нічого, щоб виходило за межі шкільних програм.

Такі задачі можуть бути своєрідними тестами інтегрованих знань учнів та студентів з фізики, математики та інформатики.

Література:

1. Бевз Г.П. Алгебра: Проб. підруч. для 7-9 кл. серед. шк. – 3-тє вид. – К.: Освіта, 2001. – 303 с.
2. Жалдак М.І., Горошко Ю.В., Вінниченко Є.Ф. Математика з комп'ютером: Посібник для вчителів. – К.: РННЦ "ДІНІТ", 2004. – 255 с.
3. Задорожній М.І. Вивчення технології розв'язування фізичних задач // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск V: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2005. – Т.2: Теорія та методика навчання фізики. – 400 с.

К ВОПРОСУ ОБ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ СИЛЫ

В.И. Цоцко
г. Днепропетровск, Днепропетровский государственный аграрный университет
info@dsau.dp.ua
dsau@dsau.dp.ua

В процессе изучения курса физики в средней и, весьма часто, в высшей школе у учащихся складывается устойчивый стереотип о неизменности величины силы при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую. При этом силе автоматически приписываются свойства других фундаментальных физических величин, таких, как скорость света в вакууме, заряд и т.д. Однако, если в классической физике неизменность силы, как и интервала времени, длины, массы соответствует аксиоматике раздела знания, то в теории относительности это не так.

Рассмотрим наиболее яркий пример, иллюстрирующий указанное положение. Пусть в вакууме на некотором расстоянии друг от друга параллельно движутся с одинаковой скоростью две одинаково заряженные частицы, например два электрона. В инерциальной системе отсчета, относительно которой движутся частицы, на каждую частицу действует сила Лоренца – сила воздействия магнитного поля, возбуждаемого движущейся сопутствующей частицей, на данную подвижную частицу. Причем данная сила взаимодействия обуславливает взаимное притяжение частиц, согласно правилу «левой руки» или «правого винта».

Однако в другой инерциальной системе отсчета, жестко привязанной к движущимся частицам – неподвижной относительно них – магнитное взаимодействие между частицами исключено и взаимодействие между ними определяется только законом Кулона. Одноименно заряженные частицы при этом должны отталкиваться.

Встает вопрос – отталкиваться или притягиваться будут частицы на самом деле?

Дело в том, что при рассмотрении явления в первом случае не было принято во внимание существующее в первой системе отсчета явление электростатического отталкивания частиц. И, на самом деле, на частицы действуют две силы – и сила Лоренца, и сила Кулона.

Сила Кулона F_K между двумя частицами с зарядами q, расположенными на расстоянии d, определяется по формуле

$$F_K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{d^2} \qquad (1)$$

где ε_0 – электрическая постоянная ($\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м).

Сила Лоренца $F_Л$ для частицы с зарядом q, движущейся со скоростью v в магнитном поле с индукцией B, ориентированной перпендикулярно ско-

рости частицы, выражается соотношением

$$F_Л = qvB. \quad (2)$$

Величина вектора индукции магнитного поля B, создаваемого движущейся со скоростью v частицей с зарядом q на расстоянии d от нее, в перпендикулярном к скорости направлении, как известно, задается законом Био-Савара-Лапласа

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{qv}{d^2} \quad (3)$$

(μ_0 – магнитная постоянная, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м).

Из соотношений (2) и (3) получим

$$F_Л = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{q^2 v^2}{d^2}. \quad (4)$$

Сравнивая выражения (1) и (4), легко определить, что отношение сил электрического отталкивания и магнитного притяжения выражается отношением

$$\frac{F_K}{F_Л} = \frac{1}{\varepsilon_0 \mu_0} \cdot \frac{1}{v^2}. \quad (5)$$

Поскольку $\frac{1}{\varepsilon_0 \mu_0} = c^2$, где c – электродинамическая постоянная или скорость света в вакууме ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с), то можем сделать вывод, что даже в первом случае (в инерциальной системе отсчета, в которой обе частицы движутся) преобладает сила электрического отталкивания, так как скорость v движения частиц с отличной от нуля массой покоя всегда меньше скорости света в вакууме c. Результирующая сила равна разности F_K и $F_Л$ – т.е. она меньше, чем сила отталкивания в подвижной системе координат.

Таким образом, сила при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой не есть инвариант, величина силы меняется в соответствии с преобразованиями Лоренца. Но физический характер процесса (направление результирующей силы) не претерпевает изменений.

ПОНЯТТЯ ЕЛЕКТРОРУШІЙНОЇ СИЛИ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

Г.П. Половина, О.О. Гуманський
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Серед понять електродинаміки, що вивчаються в середній школі, поняття електрорушійної сили (ЕРС) є одним з основних і в залежності від того, як учні зрозуміють фізичний зміст цієї величини, вони будуть вільно чи з труднощами оперувати з енергетичними перетвореннями, що відбуваються в електричному колі.

Але, як показують випускні екзамени шкіл та вступні іспити до ВНЗ, поняття ЕРС учнями засвоюється формально. І причин складності в засвоєнні та розумінні фізичного змісту цього поняття декілька. Почнемо зі слова «сила», яке входить до назви. Адже поняття сили, як стверджує Р. Фейнман [1, 209], є одним із найбільш складних для засвоєння. До того ж електрорушійна сила є не силою, а енергетичною характеристикою стаціонарного електричного поля.

Проаналізуємо означення електрорушійної сили, яке дається в різних підручниках, щоб переконатись, що труднощі в засвоєнні цього поняття походять від неоднозначного визначення ЕРС та ряду протиріч, що зустрічаються при поданні цього матеріалу.

В підручнику [2, 180] дається означення ЕРС в замкненому контурі через відношення роботи сторонніх сил при переміщенні заряду вздовж контуру до заряду.

$$\varepsilon = \frac{\mathrm{A}_{ст}}{q}.$$

Можна говорити про ЕРС на будь-якій ділянці кола. Це питома робота сторонніх сил не на всьому контурі, а тільки на заданій ділянці кола. ЕРС гальванічного елемента є робота по переміщенню одиничного додатного заряду всередині елемента від одного полюса до другого.

Робота сторонніх сил не може бути визначена через різницю потенціалів, оскільки сторонні сили не є потенціальними та їх робота залежить від форми траєкторії. Так, робота сторонніх сил при переміщенні заряду між клемами джерела струму за його межами дорівнює нулеві.

В [3, 529] дається означення ЕРС як суми напруги на клемах джерела струму та напруги на зовнішньому колі. За відсутності струму напруга на клемах елементу дорівнює його ЕРС.

В методичному посібнику [4, 141] сказано, що ЕРС чисельно дорівнює роботі сторонніх сил, що переміщують одиничний позитивний заряд вздовж замкненого кола. ЕРС характеризує роботу сторонніх сил не лише на ділянці, яка є джерелом струму, але і на тих ділянках, де заряди переміщуються під впливом електростатичних сил; енергія поля також визначається робо-

тою сторонніх сил.

В підручнику [5, 203] показано, що коли зовнішня частина електричного кола розімкнена, то напруженість поля сторонніх сил і електричних сил в джерелі однакові за значенням і протилежні за напрямком, тому компенсують одне одного. А ЕРС джерела визначається роботою сторонніх сил в джерелі при розділенні заряджених частинок з сумарним зарядом в одну одиницю:

$$\varepsilon = \frac{A_{cm}}{q}.$$

ЕРС є характеристикою джерела і не залежить від того, яке зовнішнє навантаження приєднують до його полюсів.

В [6, 155] сказано, різниця потенціалів може вважатись причиною руху електрики, тому вона називається електрорушійною силою. На думку авторів [6], ЕРС, так само як і потенціал та напруга, не є силами; це енергетичне поняття, що відповідає потенціальній енергії одиничного електричного заряду.

В [7, 100] зазначається, що ЕРС дорівнює відношенню роботи, яка здійснюється при переміщенні заряду по замкненому колу один раз, до величини переміщуваного заряду.

Таким чином, цей далеко не повний перелік означень щодо трактування фізичного змісту ЕРС свідчить, що основні розбіжності стосуються:

а) нечіткого розмежування напруженості потенціального поля та напруженості поля сторонніх сил в замкненому електричному колі;

б) означення ЕРС як роботи з переміщення одиничного заряду вздовж всього кола (де робота виконується і силами електростатичного поля, і сторонніми силами) чи роботи з переміщення одиничного заряду на окремій ділянці електричного кола, де діють лише сторонні сили.

На наш погляд, питання про фізичний зміст ЕРС найбільш наочно і аргументовано викладено в [8, 319], де показано, що ЕРС є робота сторонніх сил на ділянці де є ці сторонні сили:

$$\frac{\mathrm{A}}{q} = \int_1^2 \mathrm{E}^{cm} dl = \varepsilon,$$

а не на всьому замкненому полю.

Для розуміння ЕРС має велике значення розуміння поняття «сторонні сили». При першому знайомстві з ЕРС поняття сторонніх сил пов'язується з хімічними джерелами струму. Тут сторонніми силами є сили хімічного походження.

До питання ЕРС та сторонніх сил треба повертатись при вивченні термоелектричних явищ. Термоелектрорушійна сила пропорційна різниці температур і залежить від підбору пари контактуючих металів.

Сторонні сили в напівпровідниковому фотоелементі обумовлені енергією квантів, що здатні вибивати електрони з речовини.

Електрофорна машина дає приклад того, що механічні сили також можуть виступати в якості сторонніх сил, а МГД-генератори ілюструють застосування електродинамічних сил в якості сторонніх.

ЕРС індукції доцільно розглядати окремо від ЕРС. Розглянемо лише спосіб одержання ЕРС індукції при нерухомому контурі та змінному магнітному потоці, що пронизує контур.

В підручнику [9, 10] сказано, що під час зміни магнітного потоку через поверхню, обмежену контуром, у контурі з'являються сторонні сили, що породжують ЕРС індукції. Відношення роботи з переміщення заряду по замкненому шляху в індукційному електричному полі до заряду переміщуваної частинки називають ЕРС індукції.

ЕРС індукції прямо пропорційна швидкості зміни магнітного потоку через площу, обмежену замкнутим контуром:

$$\varepsilon_i = k\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|.$$

Цей вираз є записом основного закону електромагнітної індукції (закону Фарадея). Закон електромагнітної індукції формулюється саме для ЕРС індукції, а не для індукційного струму. Він виражає той факт, що ЕРС індукції не залежить від наявності провідника. Для виникнення індукційного струму необхідним є замкнений провідник. Сила цього струму залежить не тільки від швидкості зміни магнітного потоку, а й від властивостей провідника. ЕРС індукції є кількісною характеристикою вихрового індукційного поля.

Р.В. Поль [18, 117] пропонує застосувати закон електромагнітної індукції до мисленого експерименту: «...індукційна котушка, що складається з одного незамкнутого витка довільної форми, охоплює змінне магнітне поле. Тоді між кінцями дротяної петлі можна спостерігати напругу. Це можна тлумачити так: провідник, тобто дротяна петля, є чимось несуттєвим та побічним. По суті процес абсолютно не залежить від присутності дротяного витка. Суть його в тому, що навколо змінного магнітного поля виникають замкнені лінії електричного поля. Таким чином виток дроту – це лиш індикатор для виявлення наявності електричного поля».

У схожий спосіб автори [3, 243] показують, що при зміні магнітного потоку через поверхню, обмежену контуром, в останньому виникають сторонні сили, дія яких характеризується ЕРС, що називається ЕРС індукції. Ці сторонні сили пов'язані з вихровим електричним полем і робота вихрового електричного поля при переміщенні одиничного позитивного заряду вздовж замкненого нерухомого провідника чисельно дорівнює ЕРС індукції в цьому провіднику:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

В [13, 141] даються рекомендації щодо визначення напряму індукційного струму у витку (правило Ленца); при цьому звертається увага на те, що

магнітний потік, що пронизує контур витка, змінюється, і пропонується пов'язати зміну цього потоку з напрямком індукційного струму.

Розглянемо різні означення поняття «контур». Автори підручників фізики [10, 244], [11, 207], [12, 276] вживають цей термін, проте не означають його.

А.Г. Зільберман [14, 327] підкреслює, що якщо контур провідний, ЕРС викликає в ньому індукційний струм; якщо ж він не проводить струму (наприклад, умовно проведений в повітрі), то виникає лише ЕРС індукції.

Аналіз вказаних джерел дає можливість зробити висновок, що ЕРС індукції пропорційна швидкості зміни магнітного потоку. Вона дорівнює роботі сторонніх сил:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\oint_l E_l^* dl ,$$

де E' – напруженість поля сторонніх сил.

Якщо виходити з того, що остання формула виражає кількісний зв'язок між змінним магнітним полем (B) та вихровим електричним полем (E) [12, 277], то можна зробити висновок, що ЕРС індукції залежить від властивостей речовини, в якій є змінне магнітне поле. Зокрема, для котушки:

$$\varepsilon = -L\frac{dI}{dt} , \text{ де } L = \mu\mu_0 n^2 lS.$$

Найбільш чітко це питання розглянуто в [15, 5]. Провідник у вигляді витка вміщується в змінне магнітне поле. Тоді повний магнітний потік, що пронизує цей контур, виходячи з принципу суперпозиції магнітних полів, складається з потоку зовнішнього магнітного поля $\Phi_{зов}$ і власного магнітного потоку $\Phi_{влас}$:

$$\Phi = \Phi_{зов} + \Phi_{влас}.$$

При цьому зовнішній магнітний потік $\Phi_{зов}$ може змінюватись з часом як в результаті зміни зовнішнього магнітного поля з часом (в кожній точці поля індукція зовнішнього магнітного поля залежить від часу), так і в результаті руху контуру або його частин.

ЕРС індукції виникає незалежно від причин зміни магнітного потоку через контур.

З урахуванням того, що повний магнітний потік дорівнює алгебраїчній сумі потоків зовнішнього магнітного поля та поля, що створюється при проходженні індукційного струму через провідний контур, і залежить від індуктивності контуру, ЕРС індукції запишеться:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi_{зов}}{dt} - \frac{d\Phi_{влас}}{dt} .$$

Доданок $-\frac{d\Phi_{зов}}{dt}$ є ЕРС індукції, що виникає завдяки зміні зовнішнього магнітного поля. Доданок $\varepsilon_c = -\frac{d\Phi_{влас}}{dt} = -\frac{d(LI)}{dt} = -L\frac{dI}{dt} - I\frac{dL}{dt}$ називається

ЕРС самоіндукції, тому що він виникає завдяки зміні з часом власного магнітного потоку через контур. Зміна власного магнітного потоку може відбуватися як за рахунок зміни струму, так за рахунок індуктивності контуру.

Якщо індуктивність є сталою з часом величиною, то:

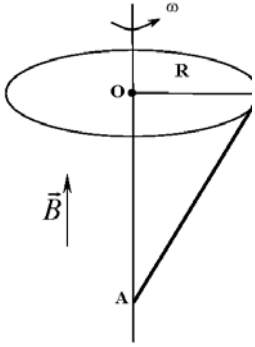
$$\varepsilon_{ci} = -L\frac{dI}{dt}.$$

Якщо контур складається з одного витка, то другим доданком нехтують.

Одним з критеріїв для оцінки ролі індуктивності може служити порівняння величин зовнішнього магнітного поля і власного поля контуру, а точніше порівняння змін величин цих полів за час спостереження. Такий підхід до вивчення ЕРС індукції дає більш позитивні результати у розумінні фізичної суті цього явища, бо саме перший доданок дає ЕРС індукції, а другий – ЕРС самоіндукції.

Автор [17, 63] вважає, що в законі Фарадея треба враховувати повний потік магнітної індукції, який визначається не тільки зовнішнім полем, але і полем власного струму – струму самоіндукції. Тобто ЕРС індукції є і тоді, коли немає ніякого провідника, а при наявності його виникає індукційний струм, що утворює власне магнітне поле, яке викличе появу струму самоіндукції.

До питання про залежність ЕРС індукції від властивостей контуру, автори задач та вправ звертаються досить рідко. Так, в [16, 22] є таке питання: «Що можна сказати про індукційне електричне поле та індукційний струм у двох кільцях – дерев'яному і мідному, якщо вони пронизуються однаковим змінним магнітним потоком?»



Автор [15] пропонує таку задачу. Металевий стержень АС одним кінцем (точка А) шарнірно закріплений на вертикальному діелектричному стержні АО. Другий кінець (точка С) зв'язаний з вертикальним стержнем за допомогою нерозтяжної непровідної нитки ОС довжиною R = 1 м. Стержень АС обертається навколо стержня АО в однорідному магнітному полі, індукція якого вертикальна і рівна $B = 10^{-2}$ Тл. Кутова швидкість стержня АС ω = 60 рад/с. Визначити різницю потенціалів (за модулем) між точками А і С.

Розв'язання:

Стержень АС та відрізок ОС перетинають за одиницю часу одну й ту саму кількість силових ліній. Тому ЕРС в стержні АС дорівнює ЕРС в ОС. Можна показати, що $\varepsilon = \dfrac{B\omega R^2}{2}$.

Дійсно, за малий відрізок часу Δt ОС повертається на кут $\Delta\alpha = \omega\Delta t$ та

може охопити площу

$$\Delta S = \frac{\pi R^2}{2\pi}\Delta\alpha = \frac{\omega R^2}{2}\Delta t\,.$$

Зміна магнітного потоку $\Delta\Phi = B\Delta S = \frac{B\omega R^2 \Delta t}{2}$, звідки

$$\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{B\omega R^2}{2}\,.$$

Різниця потенціалів:

$$\left|\varphi_A - \varphi_C\right| = \varepsilon = \frac{B\omega R^2}{2}\,.$$

Відповідь: $\left|\varphi_A - \varphi_C\right| = \frac{B\omega R^2}{2} = 0{,}3$ (В).

В розв'язку задачі використано той факт, що ЕРС індукції не залежить від речовини, в якій вона виникає.

Таким чином, немає єдиної точки зору на залежність ЕРС індукції від речовини, в якій вона спостерігається. На наш погляд, слід розглядати ЕРС індукції незалежною від властивостей контуру, як в [9, 10] та [15, 5].

Література:

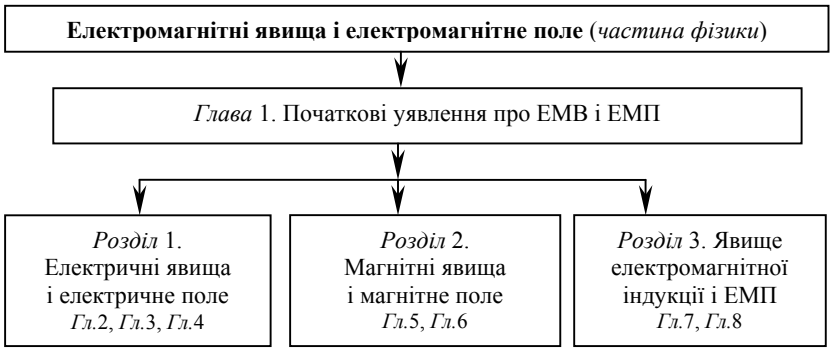
1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – Т. 1. – М.: Мир, 1965. – 258 с.
2. Буховцев Б.Б., Климонтович Ю.Л., Мякишев Г.А. Физика 9. – М.: Просвещние, 1986. – 271 с.
3. Эллиот Л., Уилкокс У. Физика. – М.: Физматлит, 1963. – 807 с.
4. Бугайов О.І., Гонтарук М.М. та інші. Уроки фізики в 9 класі. – К.: Радянська школа, 1977. – 230 с.
5. Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Фізика 10 клас. – Київ–Ірпінь, 2005. – 307 с.
6. Гримзель Э. Курс физики. – М.: Гос. изд., 1927. – 587 с.
7. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики. – Т. 2. – М.: Наука, 1972. – 730 с.
8. Сусь Б.А., Заболотний В.Ф., Мислицька Н.А. Фізичний зміст електрорушійної сили в мультімедійній інтерпретації // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. – Т. 2. – Кр. Ріг: НМетАУ, 2005. – С. 319-322.
9. Гончаренко С. У. Фізика 11. – К.: Освіта, 2002. – 319 с.
10. Буховцев Б.Б., Климонтович Ю.Л., Мякишев Г.Я. Физика 9. – М.: Физматгиз, 1962. – 514 с.
11. Марон А.Е., Мякишев Г.Я., Дубицкая Э.Г. Физика 12. – М.: Просвещение, 1990. – 244 с.
12. Калашников С.Г. Электричество. – М.: Наука, 1985. – 576 с.

13. Ванєєв А.А., Корж Е.Д., Орєхов В.П. Викладання фізики в 9 класі. К.: Радянська школа, 1981. – 153 с.
14. Зильберман Г.Е. Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 1970 –384 с.
15 Чивилев В.И. Физика: задание №4 для 11-х классов. – М.: МФТИ, 2003. – 32 с.
16. Шарко В.Д., Чернявський В. Вивчення теми «Електромагнітна індукція» за модульною технологією. // Фізика та астрономія в школі. – 1999. – №1. – С. 22-37.
17. Зильберман А.Г. Явление самоиндукции. // Квант. – 1990. – №6. – С. 79.
18. Поль Р.В. Учение об электричестве. – М.: Физматгиз, 1962. – 516 с.

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ РОЗДІЛУ "ЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА І ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ" В ОСНОВНІЙ ШКОЛІ

В.І. Бурак, А.В. Степанюк
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Перехід до 12-річної середньої освіти зумовлює значні зміни у вивченні питань електромагнетизму в основній школі [1]. У роботах [2]–[4] обґрунтовується доцільність ***генералізації курсу електромагнетизму навколо понять електромагнітної взаємодії (ЕМВ) і електромагнітного поля (ЕМП)***, що дозволяє об'єднати весь навчальний матеріал навколо спільного ядра, формувати узагальнені доступні учням уявлення і знання з електромагнетизму та оптимально поєднати розвиток емпіричного і теоретичного мислення учнів. Найбільш послідовна, на нашу думку, структурна схема електромагнетизму при цьому має наступний вигляд.



У Главі 1 "***Початкові уявлення про ЕМВ і ЕМП***", яка є своєрідним розширеним вступом до всього курсу електромагнетизму, за невелику кількість логічних і методичних кроків, на основі відбору тільки найбільш важливого навчального матеріалу, в межах трьох уроків формуємо початкові достатньо узагальнені якісні уявлення учнів про ЕМВ і ЕМП.

1. Згідно сучасних уявлень існує ***ЕМВ***, котру в окремих випадках можна розділити на електричну та магнітну взаємодію. ЕМВ поширюється у вакуумі зі швидкістю $3 \cdot 10^8$ м/с. Існує ***ЕМП***, а *електричне і магнітне поля – це два види (прояви) електромагнітного поля*. Наявність електричного чи магнітного полів залежить від вибору *системи відліку*. ЕМП (електричне і магнітне поля) має енергію. Існує *два види матерії – речовина і поле*.

2. При контакті тіл, що посилюється внаслідок тертя, тіла електризуються і стають електрично зарядженими чи набувають електричного заряду, між ними виникає *електрична взаємодія.* В електризації шляхом контакту чи тертя беруть участь два тіла.

3. ***Електричний заряд*** – це фізична величина, що є мірою електричної

взаємодії; має позначення ***q*** і одиницю 1 Кулон ([*q*] = 1 Кл) у системі СІ.

4. Існує тільки *два види електричного заряду*: позитивний та негативний заряди; існує тільки *два види електрично заряджених частинок*: позитивно та негативно електрично заряджені частини, які позначають знаками "+" і "–" відповідно.

5. ***Електрична взаємодія*** (ЕВ) може проявлятись як електричне притягання чи електричне відштовхування. *Різнойменно* електрично заряджені тіла (частинки) взаємно *притягуються*, а *однойменно* електрично заряджені тіла (частинки) взаємно *відштовхуються* між собою.

6. ЕВ на відстані здійснюється завдяки ***електричному полю*** (ЕП). Існує ***ЕП електрично зарядженої частинки*** чи тіла і це *ЕП невіддільне від електрично зарядженої частинки* чи тіла. (Існує й ЕП іншої природи). ЕП виявляють за його дією на електрично заряджену частинку.

7. ***Магнітна взаємодія*** (МВ) на відстані здійснюється завдяки наявності ***магнітного поля*** (МП). Наявність МП легко виявити за його орієнтаційною дією на магнітну стрілку. Існує *МП навколо рухомої електрично зарядженої частинки*. (Існує й МП іншої природи). *Навколо нерухомої електрично зарядженої частинки* (в одній системі відліку) *існує ЕП*, а навколо *рухомої* (в іншій системі відліку) – як *електричне*, так і *магнітне поля*.

Відмітимо ряд методичних відмінностей, характерних для запропонованого підходу до вивчення початкових уявлень про ЕВ і ЕП.

1. На початковому етапі ми, на відміну від традиційної методики [6]–[8], не демонструємо дію електрично заряджених тіл на електрично нейтральні тіла (наприклад, притягання дрібних електронейтральних клаптиків паперу до зарядженого ебонітового стержня), а демонструємо взаємодію виключно між електрично зарядженими тілами, близько до того, як це запропоновано у роботі [5].

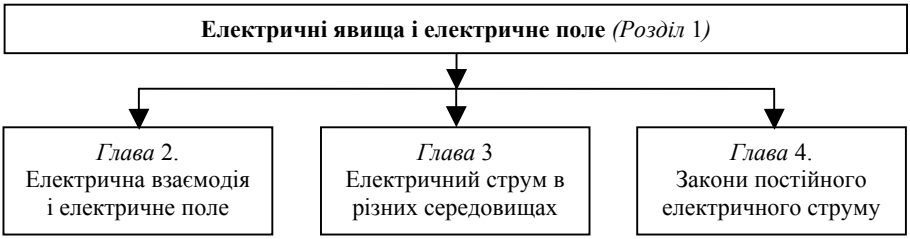
2. Достатньо суперечливим і непростим методичним питанням є введення поняття електричного заряду. Більшість методистів [6–8] дотримуються поетапного введення електричного заряду: спочатку при вивченні електризації тіл – на якісному рівні, а згодом, при вивченні подільності електричного заряду – як фізичної величини із відповідною одиницею. З одного боку це доступно для учнів, а з іншого – створює значні методичні труднощі і приводить до певної розмитості поняття електричного заряду у свідомості учнів при використанні термінів "електричний заряд", "два види електричного заряду", "позитивний та негативний електричні заряди" на початковому етапі, ще до повноцінного введення електричного заряду як фізичної величини. Ми ж здійснюємо повноцінне введення електричного заряду як фізичної величини вже на самому початку вивчення електричних явищ Такий підхід дає ряд методичних переваг, оскільки сприяє більш усвідомленому сприйнятті учнями поняття електричного заряду та зазначених вище термінів, починаючи із самого початку вивчення електричних явищ.

3. При обґрунтуванні існування ЕП, ми не тільки вивчаємо, що існує

ЕП електрично зарядженої частинки, і що це поле невіддільне від зарядженої частинки, але й, маючи на меті формування узагальнених уявлень про ЕП, одразу зазначаємо про існування ЕП ще однієї природи.

При цьому у Главі 1 орієнтуємось в основному на використання індукції як методу наукового пізнання. Отримані початкові уявлення про ЕМВ і ЕМП застосовуються та поглиблюються, конкретизуються та збагачуються при подальшому вивченні електромагнітних явищ шляхом оптимального поєднання дедукції та індукції.

У Розділі 1 продовжуємо вивчати електричні явища і поглиблюємо уявлення учнів про ЕВ і ЕП у межах трьох глав, відображених на схемі.



У Главі 2 "***Електрична взаємодія і електричне поле***" навчальний матеріал вивчаємо у наступній послідовності.

1. Електроскоп, електрометр. Три типи провідності.
2. Лінії електричного поля та їх напрям.
3. Подільність і дискретність електричного заряду. Електрон, протон.
4. Будова атомів, іонів, речовини (4.1. Будова атомів. Дослід Резерфорда. Будова іонів. 4.2. Уточнення основних положень про будову речовини. Особливості будови металів і діелектриків).
5. Механізм електризації тіл (5.1. Механізм електризації тіл контактом чи тертям. 5.2. Механізм електризації тіл через наведення).
6. Закон збереження електричного заряду. Незалежність величини електричного заряду від швидкості.

Відмітимо основні відмінності запропонованої методики.

1. ЕП вивчаємо не як відокремлений самодостатній вид поля, а як один із проявів ЕМП.

2. Для посилення уявлення учнів про ЕП вводимо поняття ліній електричного поля (ЛЕП). Враховуючи складність поняття ЛЕП для учнів основної школи, їх вивчення здійснюємо індуктивним шляхом. Спочатку аналізуємо як діє ЕП сферичного позитивно зарядженого тіла на пробну позитивно заряджену частинку з малим позитивним зарядом. Обґрунтовуємо можливість і зображуємо ЕП у вигляді ЛЕП, що напрямлені симетрично від позитивно зарядженого тіла. Аналогічно поступаємо для сферичного негативно зарядженого тіла.

Для візуалізації уявлень про ЕП проводимо досліди із "султанами", приєднаними до електрофорної машини: а) позитивно заряджений "султан"; б) негативно заряджений "султан"; в) два "султани", заряджені різноймен-

но; г) два “султани”, заряджені однойменно. Обґрунтовуємо і зображуємо картину ЛЕП двох різнойменно та двох однойменно заряджених частинок із рівними за модулем зарядами.

Спостерігаємо за розміщенням паперових смужок, прикріплених по обидві сторони до металевих пластин, приєднаних до двох полюсів електрофорної машини. Робимо висновок про ЕП і картину ЛЕП. Зближуємо різнойменно заряджені пластини і спостерігаємо, що ЕП зосереджено в основному між пластинами. Зображуємо відповідну картину ЛЕП.

Узагальнюємо вивчене. *ЛЕП* являють собою лінії, по дотичній до яких у кожній точці діють електричні сили з боку ЕП на пробні електрично заряджені частинки з малим позитивним електричним зарядом. За *напрям ЛЕП* вибрали той напрям, в якому ЕП діє на позитивно заряджені частинки. ЛЕП електрично заряджених частинок і тіл не замкнуті, вони починаються на позитивно заряджених і закінчуються на негативно електрично заряджених частинках. Реально існує тільки ЕП, а лінії поля є уявними і їх вводять для унаочнення наших уявлень про поле. Відмітимо, що запропоноване означення ЛЕП не суперечить коректному означенню ліній напруженості ЕП.

3. При вивченні дискретності електричного заряду ми одразу вивчаємо наявність елементарних частинок з найменшим неподільним електричним зарядом як негативного (електрон), так і позитивного (протон) знаків.

4. При вивченні будови атомів та іонів обґрунтовуємо, що сили взаємодії електрона з ядром мають електромагнітну природу. На основі цього узагальнюємо основні *положення про будову речовини*. Перше положення: речовина в трьох агрегатних станах складається із молекул, атомів, іонів. Третє положення: молекули, атоми, іони речовини взаємодіють (притягаються, відштовхуються) між собою із силами електромагнітної природи. Одразу надаємо учням початкові уявлення про будову металів і діелектриків і аналізуємо чому перші із них є провідниками, а другі – непровідниками.

5. На основі отриманих знань дедуктивним шляхом не тільки вивчаємо *механізм електризації* тіл контактом чи тертям, але й аналізуємо механізм передачі електричного заряду контактом від зарядженого тіла до незарядженого, а також механізм електризації металів через наведення та дію електрично зарядженого тіла на незаряджені діелектрики. Саме на цьому етапі, після вивчення будови атома, вперше проводимо досліди по дії електрично заряджених тіл на електрично нейтральні тіла (металеві та діелектрики). За такого підходу учні чітко розуміють, що вказана вище взаємодія пов’язана із дією ЕП електрично зарядженого тіла на електрично заряджені частинки електронейтрального тіла.

6. За традиційною методикою [6]–[8] *закон збереження електричного заряду* та *незалежність величини електричного заряду від швидкості* не вивчають взагалі. Ми вважаємо за необхідне вивчення цього матеріалу у зв’язку із його важливістю і доступністю для учнів та із метою формування узагальнених уявлень про властивості електричного заряду.

У Главі 3 "***Електричний струм в різних середовищах***" вивчення поняття електричного струму (ЕС) поєднуємо із темою «Електричний струм у різних середовищах». В такому разі появляється можливість обґрунтовано надати учням узагальнене уявлення, що ЕС уявляє собою рух як негативно, так і позитивно електрично заряджених частинок на прикладі металів, електролітів, газових розрядів та ЕС у вакуумі, більш доказово продемонструвати дію ЕС, а також власне розглянути на якісному рівні ЕС в різних середовищах. Послідовність вивчення матеріалу наступна.

1. ЕС і його напрям. Джерела ЕС.
2. Електричне коло.
3. ЕС в металах. Теплова і магнітна дія ЕС.
4. ЕС в електролітах та іонних розплавах. Хімічна дія ЕС. Електроліз.
5. ЕС в газах. Газові розряди. Світлова дія ЕС. Поняття про плазму.
6. Поняття про ЕС у вакуумі.
7. Поняття про ЕС у напівпровідниках.

Переваги нової методики пов'язані із широким використанням уявлень учнів про ЕВ і ЕП, МВ і МП, ЕМВ і ЕМП, отриманих у Главах 1, 2.

1. При введенні поняття ЕС, опираємось на достатньо повні уявлення учнів про ЕП і підводимо їх до висновку, що необхідною умовою існування ЕС є наявність вільних електрично заряджених частинок та ЕП (джерела ЕП). На основі знань, отриманих у §4 Глави 2 допомагаємо учням замітити, що основними частинками, рух яких може привести до появи ЕС, можуть бути електрони та іони.

2. Поняття напряму ЕС вводимо на основі аналізу напряму руху позитивно та негативно заряджених частинок в ЕП, в тому числі із використанням поняття ліній ЕП.

3. Аналіз механізму ЕС в металах теж здійснюємо із врахуванням дії ЕП на вільні електрони. Звертаємо увагу учнів на те, що швидкість впорядкованого руху електронів дуже маленька (менше 1 мм/с), в той час як швидкість поширення струму пов'язана зі швидкістю передачі ЕМВ у вакуумі, $3 \cdot 10^8$ м/с. Останнє за нашої методики легко обґрунтувати, опираючись на початкові уявлення про ЕМП із Глави 1.

4. Особливо підкреслимо переваги запропонованої методики при вивченні магнітної дії ЕС. Задаємо питання проблемного характеру: чи існує поле навколо металевого провідника без струму?; навколо провідника зі струмом?; яке поле? Актуалізуємо знання учнів із Глави 1, що навколо нерухомої електрично зарядженої частинки існує ЕП, навколо рухомої – ЕМП, тобто як електричне, так і магнітне поля. Приходимо до висновку, що навколо металевого провідника без струму ЕП відсутнє, так як в провідникові однакова кількість позитивно та негативно заряджених частинок. Висловлюємо гіпотезу, що навколо провідника зі струмом повинно існувати МП. Демонструємо фундаментальний дослід Ерстеда і переконуємось в справедливості нашого припущення. Таким чином, ми дедуктивно демонструємо

магнітну дію ЕС. Ще більш суттєвим є те, що учні усвідомлено сприймають магнітну дію ЕС, на відміну від традиційної методики.

Одразу розглядаємо і зворотне явище: дію МП на провідник зі струмом: використовуємо дугоподібний магніт і при двох напрямах ЕС демонструємо притягання чи відштовхування провідника зі струмом. Крім того, демонструємо, що рамка зі струмом орієнтується у МП: маленька рамка зі струмом з прикріпленою до неї стрілочкою орієнтується посередині дугоподібного магніту спочатку в одну сторону, а при зміні напряму струму – в протилежну.

За традиційної ж методики [6]–[8] магнітну дію ЕС учні осягають виключно на емпіричному рівні, а частина матеріалу виявляється малозрозумілою, так як поняття МП вивчається значно пізніше.

5. Демонструємо, що є рідини-діелектрики, через які ЕС не протікає. Вивчаємо будову електролітів та іонних розплавів і відповідно – явище електролітичної дисоціації та термодисоціації. Аналізуємо іонний механізм ЕС в електролітах та іонних розплавах. Спостерігаємо за явищем електролізу та відмічаємо теплову, магнітну і, перш за все, хімічну дією ЕС. Приводимо приклади використання електролізу.

6. Демонструємо, що за звичайних умов газ (наприклад повітря) є діелектриком і ЕС через нього не протікає. Аналізуємо, яким чином із електронейтральних молекул та атомів газу можна отримати вільні електричні заряди. Вводимо поняття іонізації та розглядаємо її види. Спостерігаємо за явищем протікання ЕС через підігріте від полум'я повітря, що знаходиться між двома металевими пластинами, приєднаними до джерела ЕС. Аналізуємо електронно-іонний механізм ЕС в газах. Спостерігаємо і вивчаємо на доступному рівні газові розряди та приклади їх використання. Відмічаємо теплову, магнітну і, перш за все, світлову дію ЕС. Надаємо учням початкові уявлення про плазму – четвертий агрегатний стан.

7. Розглядаємо явище термоелектронної емісії. На прикладі вакуумного діода вивчаємо механізм ЕС у вакуумі. Обґрунтовуємо теоретично і доводимо експериментально односторонню провідність вакуумного діода. Аналізуємо дослід Йоффе, який переконливо демонструє, що навколо рухомих електрично заряджених частинок існує МП.

8. Розглядаємо оглядово на доступному для учнів рівні будову напівпровідників і механізм провідності в них. Вивчаємо будову напівпровідникового діода і демонструємо його односторонню провідність. Відмічаємо, що основою електричних схем всіх сучасних електронних приладів (наводимо приклади) є напівпровідникові елементи.

У Главі 4 "***Закони постійного електричного струму***" вивчаємо наступні теми: сила струму та її вимірювання; електрична напруга та її вимірювання; Закон Ома для однорідної ділянки електричного кола, електричний опір; залежність електричного опору провідника від його геометричних розмірів, питомий електричний опір, реостати; залежність електричного

опору провідника від температури, поняття про надпровідність: послідовне з'єднання провідників; паралельне з'єднання провідників; робота і потужність електричного струму; кількість теплоти, що виділяється у провіднику зі струмом; використання теплової дії електричного струму; дія ЕС на живі організми та людину.

Методика навчання в цілому близька до традиційної, але є і суттєві відмінності. По-перше: повноцінне вивчення у Главі 3 на якісному рівні поняття ЕС та механізму ЕС у різних середовищах у значній мірі полегшує вивчення перерахованих вище фізичних величин та законів.

По-друге: як свідчить педагогічна практика, основна методична проблема стосується обґрунтованого введення одиниці сили струму 1 А, так як згідно існуючої методики [6]–[8] не вдається довести, що між провідниками зі струмом існує саме магнітна взаємодія. Крім того, недостатньо обґрунтованими є початкові уявлення учнів про принцип дії електровимірювальних приладів. По суті, учні вчаться користуватись електровимірювальними приладами, не розуміючи принципу їх дії. Все це зумовлене тим, що МВ і МП вивчають у наступному Розділі. В рамках запропонованого нами підходу значна частина цих методичних труднощів може бути успішно вирішена, так як учні вже мають початкові уявлення про МВ і МП.

Так, на основі демонстрації взаємодії двох паралельних провідників зі струмом обґрунтовуємо, що це саме МВ, оскільки навколо провідників зі струмом існує МП. А значить, введення одиниці сили струму 1А стає для учнів більш зрозумілим. Актуалізуючи знання учнів про магнітну дію ЕС, надаємо їм певні уявлення про будову і принцип дії електровимірювальних приладів. Звичайно, повноцінне розкриття фізичної суті цих питань здійснюємо у наступному Розділі 2.

По-третє: залежність сили струму від напруги, закон Ома для однорідної ділянки електричного кола і поняття електричного опору вивчаємо єдиним блоком, розвиваючи методичні підходи, відображені у підручнику [7].

При вивченні на прикладі металів залежності електричного опору від геометричних розмірів і від матеріалу провідника та введенні поняття питомого електричного опору, поширюємо отримані знання на інші види провідників.

Вивчаємо залежність електричного опору від температури для різного типу провідників, проводячи паралельно порівняльну характеристику цієї залежності. Надаємо початкові поняття про явище надпровідності.

Закони послідовного і паралельного з'єднання провідників спочатку обґрунтовуємо теоретично на основі закону збереження електричного заряду та закону збереження енергії. Синхронно перевіряємо їх справедливість експериментально. Тобто, ми вивчаємо закони постійного струму дедуктивно, на відміну від емпіричного їх вивчення за традиційною методикою.

При запропонованій послідовності вивчення ЕС учням простіше зрозуміти, що закони постійного ЕС стосуються будь-яких провідників, а не тіль-

ки металів, як це може здаватись за традиційного підходу.

В повній мірі запропоновані підходи можуть бути реалізованими умовах диференціації навчання для фізико-математичного профілю шляхом оптимального поєднання теоретичного та емпіричного мислення. Більше того, з найбільш обдарованими учнями на факультативних заняттях можна поглибити їх знання про ЕВ і ЕП шляхом вивчення закону Кулона, напруженості ЕП, ЕРС та закону Ома для повного кола і законів Кіргофа. Для звичайних класів при вивченні частини навчального матеріалу необхідно в більшій мірі орієнтуватись на емпіричне мислення, а вивчення деяких тем взагалі перенести в старшу школу.

Всі переваги запропонованої методики можна зрозуміти при ознайомлені із повною версією електронного підручника, орієнтовано на використання проблемного навчання. Як результат, отримуємо принципово нову методику навчання електричних явищ і ЕП в основній школі на засадах об'єднання курсу навколо понять ЕМВ і ЕМП, висока ефективність якої підтверджена педагогічним експериментом.

Література:

1. Державний стандарт базової і повної середньої освіти // Освіта України. – №1–2 (400), 20 січня 2004. – С. 1–13.
2. Бурак В.І. Генералізація електромагнетизму в основній школі // Зб. наук. пр. Кам'янець-Подільського держ. ун-ту: Серія педагогічна: Дидактика дисциплін фізико-математ. та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський, 2004. – Вип. 10. – С. 140–143.
3. Бурак В.І., Купа Є.Г. Методика формування початкових уявлень про електромагнітну взаємодію і електромагнітне поле в основній школі. / Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Вип. V. Т. 2. – Кривий Ріг, НМетАУ. – 2005. – С. 50–55.
4. Бурак В.І. Методика розвитку початкових уявлень учнів про електромагнітну взаємодію і електромагнітне поле в основній школі // Вісник Чернігівського держ. пед. університету. Випуск 30. Серія: педагогічні науки: Зб. наук. пр. – Чернігів: ЧДПУ, 2005. – С. 40–45.
5. Вознюк М.Ф. Із досвіду введення поняття електричного заряду в VII класі. – В кн.: Виклад. фізики в шк. – Київ: Рад. шк., 1980. – С. 77–84.
6. Пьоришкін О.В., Родіна Н.О. Фізика: Підручник для 8 кл. серед. шк. – 12-е вид. – К.: Рад. шк., 1992. – 192 с.
7. Фізика. Астрономія: Пробн. підручник для 8 кл. серед. шк. / О.І. Бугайов, М.Т. Мартинюк, В.В. Смолянець – К.: Освіта, 1996 – 367 с.
8. Фізика, 8 кл.: Підручник для серед. загальноосвіт. навч. закл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. –2-е вид., перероб та доп. – Київ; Ірпінь: ВТФ "Перун", 2003. – 192 с.

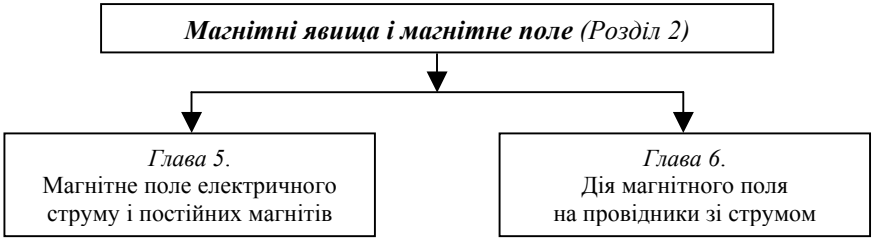
МЕТОДИКА НАВЧАННЯ РОЗДІЛУ "МАГНІТНІ ЯВИЩА І МАГНІТНЕ ПОЛЕ" В ОСНОВНІЙ ШКОЛІ

В.І. Бурак, І.С. Бобринська
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Метою нашої публікації є розкриття методики навчання магнітних явищ і магнітного поля (МП) в основній школі на засадах ***генералізації курсу електромагнетизму навколо понять електромагнітної взаємодії (ЕМВ) і електромагнітного поля (ЕМП)*** в умовах 12-річної середньої освіти [1]. Доцільність вказаної генералізації та структурна схема курсу електромагнетизму обґрунтована у роботах [2]–[4].

Початкові уявлення про магнітну взаємодію (МВ) і МП учні отримують у Главі 1 *"**Початкові уявлення про ЕМВ і ЕМП**"*, висновки із якої приведені у даному збірнику наукових праць у роботі під авторством В.І. Бурака та А.В. Степанюк. Відмітимо, що при цьому формуємо у свідомості учнів достатньо узагальнені початкові уявлення про МВ і МП: 1) МВ на відстані здійснюється завдяки наявності МП; 2) наявність МП легко виявити за його орієнтаційною дією на магнітну стрілку; 3) існує ***МП*** *навколо рухомої електрично зарядженої частинки* (існує й МП іншої природи); 4) *навколо нерухомої електрично зарядженої частинки* (в одній системі відліку) *існує ЕП*, а навколо *рухомої* (в іншій системі відліку) – як *електричне*, так і *магнітне поля*; 5) магніти притягуються між собою різнойменними і відштовхуються однойменними полюсами. Окремих полюсів N або S в природі не спостерігається, всі магніти мають обидва полюси одночасно.

У Розділі 2 продовжуємо вивчати магнітні явища і поглиблюємо уявлення учнів про МВ і МП у межах двох глав, відображених на схемі.



У Главі 5 *"**МП електричного струму і постійних магнітів**"* навчальний матеріал вивчаємо у наступній послідовності.

1. МП провідників зі струмом. (1.1. Лінії МП та їх напрям. 1.2. МП прямого провідника зі струмом. 1.3. МП поле кільця зі струмом. 1.4. МП соленоїда).

2. Магнітні властивості речовини. МП постійних магнітів. (2.1. МП атома. Природа МП речовини. 2.2. Три основні типи магнетиків. 2.3. Намагнічування магнетиків. Магнітом'які та магнітотверді феромагнетики. 2.4. МП постійних магнітів).

3. Електромагніти та їх використання.

4 МП Землі та у Сонячній системі.

Відмітимо основні особливості запропонованої методики.

1. МП і МВ вивчаємо не як відокремлений самодостатній вид поля, а як один із проявів ЕМП і ЕМВ.

2. Для посилення уявлення учнів про МП вводимо поняття *ліній магнітного поля* (ЛМП) та їх напряму. Лінії, вздовж яких вилаштовуються в МП вісі маленьких магнітних стрілок або залізних ошурок, називають *ЛМП*. Напрям, який вказують північні полюси магнітних стрілок в кожній точці поля, прийняли за *напрям ЛМП*. Зазначене поняття ЛМП та їх напряму не суперечить науково виваженому поняттю ліній індукції МП, котре вивчають в старших класах. Одразу підкреслюємо, що реально існує тільки МП, а поняття ЛМП вводять для візуалізації наших уявлень про поле.

3. На основі демонстраційного експерименту підводимо учнів до висновку, що *ЛМП прямого провідника зі струмом* являють собою співвісні концентричні кола, центри яких співпадають з віссю провідника. Формулюємо *правило свердлика* та *правило правої руки*.

Обґрунтовуємо теоретично та пересвідчуємось в ході демонстраційного експерименту, що *ЛМП кільця зі струмом* (колового струму) утворюють тор. Причому всередині колового струму напрям ЛМП зручно визначати за зворотним правилом свердлика, або зворотним правилом правої руки. Термін "зворотне правило" ми пропонуємо для усунення неоднозначності при використанні різних мнемонічних правил та для полегшення їх використання учнями. Наприклад, у прямому правилі свердлик обертають так, що його поступальний рух співпадає з напрямом струму у провідникові, тоді напрям обертання ручки свердлика вказує напрям ЛМП. У зворотному правилі, навпаки, ручку свердлика обертають за напрямом струму в кільці, тоді напрям поступального руху свердлика вказує напрям ЛМП всередині кільця зі струмом.

Спостерігаємо на досліді та обґрунтовуємо теоретично картину *ЛМП соленоїду*. На основі орієнтації магнітних стрілок вводимо північний N і південний S полюси соленоїда та кільця зі струмом. Звертаємо увагу, що ЛМП за межами соленоїда направлені від N до S, а всередині – від S до N. Причому, в зворотному правилі правої руки великий палець вказує на північний полюс соленоїда. Демонструємо, що МП виявляє орієнтаційну дію на кільце (рамку) зі струмом чи маленький соленоїд і за їх допомогою можна вивчати картину МП – рис. 1.

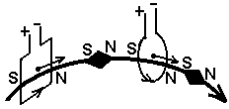


Рис. 1.

Узагальнюємо, що лінії МП провідників зі струмом замкнуті.

4. За традиційної методики [5], [7] залишається нерозкритим питання природи МП постійних магнітів та магнітних властивостей речовини. Частково цю проблему вирішено у підручнику [6]. Запропонована нами методика дозволяє успішно вирішити зазначену проблему і надати учням узагаль-

нені якісні уявлення про природу МП речовини.

На основі знань учнів про будову атома та про МП кільця зі струмом обґрунтовуємо, що орбітальний рух електрона являє собою елементарний коловий струм, який породжує *орбітальну складову МП* атома. Слідом зазначаємо, що теоретичні та експериментальні дослідження, проведені у ХХ ст. показали, що окрім орбітальної складової МП існує ще одна, так звана, *спінова складова МП*, зумовлена складною, до кінця не розкритою внутрішньою структурою електронів, та умовним обертанням електронів навколо своїх осей. Сума всіх орбітальних та спінових складових МП, пов'язаних із кожним електроном, що входить до складу атома (іона), дає результуюче МП атома (іона). Накладання МП атомів (іонів), що входять до складу молекули, створює результуюче МП молекули. Поєднання МП молекул дає результуюче МП речовини.

Посилаємось на досліди і розкриваємо, що за магнітними властивостями речовину можна розділити на три основних типи магнетиків. *Феромагнетики* ("ферум"– залізо) – речовини, які, при внесенні їх у МП, у великій, або дуже великій мірі посилюють МП (залізо, кобальт, нікель, хром, марганець та інші). *Парамагнетики* – речовини, які, при внесенні їх у МП, слабо, або дуже слабо посилюють МП (солі заліза, нікелю, кобальту, алюміній, платина та інші). *Діамагнетики* – речовини, які, при внесенні їх у МП, дуже слабо зменшують МП (мідь, цинк, свинець, ртуть, срібло, золото, дистильована вода, повітря та інші).

Розкриваємо природу магнетиків. *Діамагнетики* – це речовини, в яких результуюче МП кожного атома (молекули) рівне нулю; діамагнетики не мають власного МП. *Парамагнетики* – це речовини, кожен атом (молекула) яких має своє МП, але магнітна взаємодія між атомами (молекулами) слабка і, внаслідок хаотичного теплового руху, МП різних атомів (молекул) орієнтуються хаотично, тому результуюче МП парамагнетика дорівнює нулю. *Феромагнетики* – це речовини, атоми (молекули) яких мають власні МП, котрі внаслідок сильної магнітної взаємодії між різними атомами (молекулами) вилаштовуються в одному напрямі в межах доменів; кожен домен "створює" значне МП.

Розглядаємо механізм *намагнічування магнетиків*. Діамагнетик дуже слабо зменшує МП, значить дуже слабо намагнічується в напрямі, протилежному до напряму зовнішнього МП. Накладання МП діамагнетика на зовнішнє МП приводить до зменшення останнього. Парамагнетик слабо, або дуже слабо посилює МП. Значить парамагнетик слабо, або дуже слабо намагнічується в напрямі зовнішнього МП. Тому результуюче МП всередині парамагнетика зростає. Якщо діа- чи парамагнетик винести з МП, то вони повністю розмагнічуються. Тому, діа- і парамагнетики умовно можна вважати "немагнітними" речовинами.

Феромагнетики легко намагнічуються і у великій, або дуже великій мірі посилюють МП, отже феромагнетик легко намагнічується у напрямі зов-

нішнього МП. Феромагнетик у зовнішньому МП сам стає магнітом і створює своє МП, яке може в сотні і тисячі раз перевищувати зовнішнє. Демонструємо наявність *магнітом'яких* та *магнітотвердих* феромагнетиків, наводимо їх приклади і область застосування.

Із демонстраційних дослідів аналізуємо картину *ЛМП постійних магнітів* (штабового, дугоподібного) і робимо висновки: *ЛМП завжди замкнуті*; *магнітні заряди відсутні*; *магнітних полюси умовні*.

5. Тему "Електромагніти" вивчаємо як практичне застосування отриманих знань про феромагнетики із використанням дедукції, як методу наукового пізнання, оскільки учні самі можуть зробити висновок, який матеріал осердя необхідно застосувати і запропонувати деякі приклади використання електромагнітів на практиці та пояснити принцип роботи електромагнітних кранів, реле, простого телеграфу, електродзвінків, джерел МП, магнітних сепараторів, тощо.

6. Тему "МП Землі та у Сонячній системі" зручно вивчати у формі конференції.

У Главі 6 *"**Дія магнітного поля на провідники зі струмом**"* послідовність вивчення матеріалу наступна.

1. Дія МП на провідник зі струмом. (1.1. Сила Ампера і правило лівої руки. 1.2 Взаємодія паралельних провідників зі струмом).

2. Дія МП на рамку зі струмом та її використання. (2.1. Механізм дії МП на рамку зі струмом. 2.2. Принцип дії і будова електровимірювальних приладів. 2.3. Принцип дії і будова двигуна постійного струму).

3. Дія МП на рухому електрично заряджену частинку.

Переваги нової методики пов'язані із широким використанням уявлень учнів про ЕВ і ЕП, МВ і МП, ЕМВ і ЕМП, отриманих у Главах 1 – 5.

1. При вивченні сили Ампера за традиційною методикою обмежуються тільки випадком взаємно перпендикулярного розташування провідника зі струмом до ліній поля. Ми розглядаємо й інші випадки і показуємо, що МП не діє на провідник зі струмом, розташований вздовж ліній МП. Правило лівої руки формулюємо з використанням поняття ЛМП.

2. На основі правила лівої руки розкриваємо, що між провідниками зі струмом існує саме магнітна взаємодія, так як МП одного провідника зі струмом діє на інший провідник зі струмом – рис. 2. Обґрунтовуємо введення одиниці сили струму 1А. Зазначимо, за традиційної методики [5-7] учні не можуть усвідомити цей матеріал при вивченні електричного струму, а при аналізі МП до цієї теми не повертаються і вона залишається незрозумілою учням.

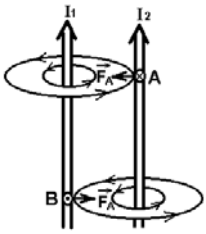


Рис. 2.

3. Традиційно вивчення дії МП на рамку зі струмом здійснюється на емпіричному рівні. Це приводить до поверхового ознайомлення учнів з принципом дії електровимірювальних приладів та електродвигуна постійного струму. Ми уни-

каємо цих недоліків, використовуючи правило лівої руки для обґрунтування причини і напряму обертання рамки зі струмом у МП.

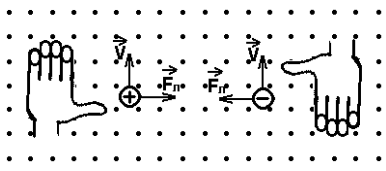


Рис. 3. Лінії МП напрямлені до нас.

4. З метою формування узагальнених уявлень учнів про дію МП, надаємо їм початкові уявлення про *силу Лоренца* та використання правила лівої руки для визначення її напряму – рис. 3.

В повній мірі запропоновані підходи можуть бути реалізованими умовах диференціації навчання для фізико-математичного профілю. Крім того, на факультативних заняттях можна поглибити знання учнів про МВ і МП шляхом вивчення індукції МП і законів для сили Ампера та сили Лоренца. У звичайних класах при вивченні частини навчального матеріалу необхідно в більшій мірі орієнтуватись на емпіричне мислення, а вивчення деяких тем взагалі перенести в старшу школу.

Всі переваги запропонованої методики можна зрозуміти при ознайомлені із повною версією електронного підручника, орієнтовано на використання проблемного навчання.

Література:

1. Державний стандарт базової і повної середньої освіти // Освіта України. – №1–2 (400), 20 січня 2004. – С. 1–13.

2. Бурак В.І. Генералізація електромагнетизму в основній школі // Зб. наук. пр. Кам'янець-Подільського держ. ун-ту: Серія педагогічна: Дидактика дисциплін фізико-математ. та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський, 2004. – Вип.10. – С. 140–143.

3. Бурак В.І., Купа Є.Г. Методика формування початкових уявлень про електромагнітну взаємодію і електромагнітне поле в основній школі. / Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Вип. V. Т.2. – Кривий Ріг, НМетАУ, 2005. – С. 50–55.

4. Бурак В.І. Методика розвитку початкових уявлень учнів про електромагнітну взаємодію і електромагнітне поле в основній школі // Вісник Чернігівського держ. пед. університету. Випуск 30. Серія: педагогічні науки: Зб. наук. пр. – Чернігів: ЧДПУ, 2005. – С. 40–45.

5. Пьоришкін О.В., Родіна Н.О. Фізика: Підручник для 8 кл. серед. шк. – 12-е вид. – К.: Рад. шк., 1992. – 192 с.

6. Фізика. Астрономія: Пробн. підручник для 8 кл. серед. шк. / О.І. Бугайов, М.Т. Мартинюк, В.В. Смолянець – К.: Освіта, 1996 – 367 с.

7. Фізика, 8 кл.: Підручник для серед. загальноосвіт. навч. закл. / Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко. –2-е вид., перероб та доп. – Київ; Ірпінь: ВТФ "Перун", 2003. – 192 с.

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ РОЗДІЛУ "ЯВИЩЕ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ І ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ" В ОСНОВНІЙ ШКОЛІ

В.І. Бурак, Ю.С. Мамедова
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Аналіз навчальної та наукової літератури дозволяє зробити висновок про існування двох типів явища електромагнітної індукції (ЯЕМІ) [1].

Перший тип ЯЕМІ пов'язаний з тим, що змінне магнітне поле (МП) породжує вихрове індукційне електричне поле (ЕП). Внаслідок цього в замкнутому провідникові, розміщеному в змінному МП, виникає ЕРС індукції та індукційний електричний струм, що існують тільки при зміні МП, що пронизує замкнутий контур, утворений цим провідником. Часто основну увагу звертають на ЕРС індукції та індукційний електричний струм, а не на вихрове індукційне ЕП. Методично доцільніше, на наш погляд, більше уваги приділяти вивченню вихрового ЕП, так як саме воно є причиною наявності ЕРС індукції та індукційного електричного струму.

Другий тип ЯЕМІ пов'язаний із виникненням ЕРС індукції на кінцях провідника, який рухається в постійному МП, "перетинаючи лінії МП". Основна увага звертається на ЕРС індукції. На наш погляд, при цьому недостатньо освітлюється питання механізму розділення індукованих електричних зарядів та природи індукованого ЕП, що існує навколо цих зарядів. Інколи основну увагу звертають на індукційний електричний струм, що виникає в провідникові. Останнє недоцільно як з точки зору фізичного змісту, так і з методичної точки зору, так як індукційний електричний струм існує тільки під час перерозподілу електричних зарядів, після чого, у випадку прямолінійного рівномірного руху провідника в однорідному МП, величина індукованих зарядів та ЕРС не міняється, а індукційний струм зникає.

Розкриття ЯЕМІ на першому ступені навчання у 1969–1980 роках [2] здійснювали на емпіричному рівні без розкриття фізичного змісту та без відображення двох типів ЯЕМІ. Але в цілому, методика навчання тих років надавала учням певні уявлення про ЯЕМІ. У вісімдесятих роках вивчення ЕМІ на першому ступені звузили до двох параграфів, а потім взагалі видалили із навчального плану. У вітчизняному підручнику [3] не тільки поновлюють вивчення ЯЕМІ, але й значною мірою вдосконалюють методику: 1) розрізняють два типи ЯЕМІ; 2) більш вдало дають означення ЕМІ; 3) частково розкривають фізичний зміст ЯЕМІ через аналіз індукційного ЕП (правда, індукційне ЕП при цьому описують настільки стисло, що цей матеріал є незрозумілим для більшості учнів); 4) висвітлюють правило Ленца. Основним недоліком існуючої методики є недостатнє розкриття фізичної суті ЯЕМІ, відсутність будь-яких уявлень про ЕМП та відсутність об'єднуючої основи при вивченні електричних і магнітних явищ та ЯЕМІ.

Згідно "Державного стандарту базової і повної середньої освіти" [4], курс фізики основної школи (7–9 кл.) повинен бути відносно завершеним і надавати учням цілісні уявлення про основні фізичні явища, в тому числі про ЯЕМІ. Виходячи із цього, можна стверджувати не тільки про доцільність формування в свідомості учнів основної школи на якісному рівні понять ЕМВ і ЕМП, але й про можливість генералізації курсу електромагнетизму навколо вказаних понять [5], [6].

Розпочинається курс електромагнетизму Главою 1 "Початкові уявлення про ЕМВ і ЕМП" [6]. Далі слідують Розділ 1 "Електричні явища і ЕП" та Розділ 2 "Магнітні явища і МП", методика навчання яких розкрита у даному збірнику наукових праць у статтях під авторством В.І. Бурака, А.В. Степанюк та В.І. Бурака, І.С. Бобринської відповідно.

Достатньо повні уявлення про ЕМІ та ЕМП учні отримують у Розділі 3 "**ЯЕМІ** та **ЕМП**" у межах Глави 7 і Глави 8, розкритих нижче.

Глава 7 "Суть ЯЕМІ і ЕМП"

1. Відкриття ЯЕМІ

Актуалізуємо початкові уявлення учнів про ЕМВ і ЕМП, про ЕП, МП, про відносність ЕП і МП, яка дає підстави вважати, що *існує* "*єдине*" ***ЕМП*** (тільки дає підстави, але ще не доводить строго існування ЕМП). Підкреслюємо на прикладі рухомої електрично зарядженої частинки та провідника зі струмом про тісний взаємозв'язок ЕП і МП і стверджуємо, що ***ЕП*** при певних умовах (у певних системах відліку) ***породжує МП*** (зазвичай говорять тільки про породження МП електричним струмом).

Задаємо питання проблемного характеру: Чи може МП породити ЕП ? (Зазвичай говорять тільки про електричний струм).

Після історичної довідки про дослідження Фарадея зазначаємо, що відкриття М. Фарадея ми аналізуватимемо, виходячи із сучасних досягнень фізики електромагнітних явищ, в тому числі розглянемо два типи ЯЕМІ.

Одразу націлюємо учнів на узагальнене означення ЯЕМІ, що відповідає його сучасному трактуванню [1]: *Явище наведення ЕП* (*електричних зарядів*, *електричного струму*) *магнітним полем називають* ***ЯЕМІ***.

2. Перший тип ЯЕМІ. Вихрове ЕП

2.1. Перший тип ЯЕМІ

Проводимо ряд традиційних дослідів (аналогічних до тих, котрі проводив Фарадей) по наведенню індукованого електричного струму у котушці, замкнутій на гальванометр, при взаємному русі магніту і котушки.

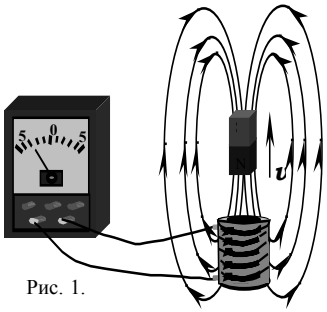


Рис. 1.

Аналізуємо як змінюється кількість ліній і величина МП, що пронизують контур, утворений замкнутим провідником (рис. 1), і робимо висновок: за будь-якої *зміни величи-*

ни МП і кількості ліній МП, що пронизують контур, утворений замкнутим провідником, у даному провіднику *виникає індукований електричний струм*, *який існує тільки під час цієї зміни*.

Надаємо поняття *змінного МП*, як такого, величина якого міняється з плином часу (у даному разі в місці розташування замкнутого провідника).

Підтвердження цього висновку здійснюємо на основі традиційного досліду із двома розташованими на спільному залізному осерді котушками, одна із яких через ключ і реостат приєднана до джерела постійного електричного струму, а друга замкнута на гальванометр.

2.2. Правило Ленца

На конкретних прикладах, на основі аналізу проведених дослідів, із використанням відповідних рисунків (рис. 2) розкриваємо правило Ленца: *Індукований* (*індукційний*) *електричний струм виникає такого напряму*, *щоб протидіяти причині*, *яка його породжує* (скорочене формулювання). *Індукований електричний струм у замкнутому провіднику виникає такого напряму*, *що МП індукованого струму протидіє зміні кількості ліній чи величини магнітного поля*, *котре породжує індукційний струм* (розширене формулювання).

Рис. 2.

2.3. Фізична суть першого типу ЯЕМІ. Вихрове ЕП

Актуалізуємо знання учнів, що електричний струм по провіднику протікає тільки за наявності ЕП всередині провідника, причому напрям електричного струму відповідає напряму ліній ЕП, що є причиною струму. Наявність індукованого електричного струму свідчить про наявність відповідного індукованого ЕП. На основі дослідів згідно рис. 1 та рис. 2 переконуємо учнів, що індуковане ЕП у провіднику напрямлене по кругу, у ту ж сторону, що й індукований електричний струм (рис. 3). Звертаємо увагу на замкнутість ліній. Доходимо висновку, що ***індуковане*** (*індукційне*) ***ЕП породжується змінним магнітним полем***; індуковане ЕП, як і МП є *вихровим полем*.

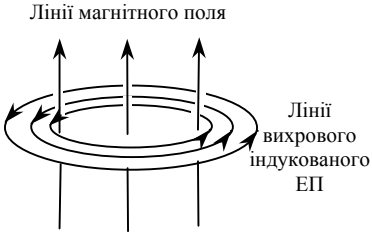


Рис. 3. Величина МП спадає з часом

Аналізуємо чим відрізняється вихрове індуковане ЕП від ЕП електрично заряджених частинок. Підкреслюємо, що вихрове ЕП може існувати і при відсутності провідників. Причиною протікання індукованого електричного струму є вихрове індуковане ЕП, породжене змінним магнітним полем. Наводимо історичну довідку про Д. Максвелла.

Остаточно робимо висновок: ***змінне МП породжує вихрове індуковане ЕП*** (змінне МП є причиною (“джерелом”) вихрового індукованого ЕП), в чому і полягає фізична суть першого типу ЯЕМІ.

На завершення, у якості додаткового матеріалу, узагальнюємо *правило Ленца*: *у ЯЕМІ індуковане ЕП та індукований електричний струм виникають такого напряму*, *щоб протидіяти причині*, *яка їх породжує*.

Як бачимо, при вивченні першого типу ЯЕМІ ми не обмежуємося аналізом виникнення індукованого електричного струму (це характерно для традиційної методики), а одразу з’ясовуємо, що причиною цього струму є наявність вихрового ЕП, індукованого змінним МП. Цим самим ми сприяємо формуванню узагальнених уявлень учнів про ЯЕМІ.

3. Явище самоіндукції

Вивчення самоіндукції в основній школі необхідно для повноцінного розгляду розділу “Електромагнітні коливання і хвилі”.

Спочатку проводимо традиційні демонстраційні експерименти, в яких розжарення лампочок чітко свідчить про плавне наростання чи спадання електричного струму [3]. Пояснюємо явище на основі знань учнів про ЯЕМІ та змінне МП. На завершення даємо означення: виникнення індукованого вихрового ЕП і відповідного індукованого електричного струму у провідникові внаслідок протікання по ньому змінного електричного струму називається ***явищем самоіндукції*** (зазвичай говорять тільки про струм).

4. Індукування ЕП при русі провідника в постійному МП – другий тип ЯЕМІ

Посилаємось на точні дослідження і пояснюємо, що коли провідник рухається у МП, “перетинаючи лінії поля”, то у провідникові відбувається розділення (перерозподіл) електрично заряджених частинок (рис. 4*а*), внаслідок чого на провідникові, перш за все на його кінцях, *індукуються* (наводяться) позитивно та негативно *електрично заряджені частинки*. Із цими зарядами пов’язане ***індуковане*** (*індукційне*) ***ЕП***, лінії якого починаються на позитивно і закінчуються на негативно заряджених частинках (рис. 4*б*). Підкреслюємо, що індукційний електричний струм в провідникові, який рухається прямолінійно і рівномірно, перетинаючи лінії однорідного МП, існує тільки протягом короткого часу перерозподілу електричних зарядів у провіднику. Після цього величина індукованих зарядів не змінюється, тобто електричний струм зникає. Якщо ж провідник рухається вздовж ліній МП, то індукційний струм та індуковані заряди відсутні взагалі.

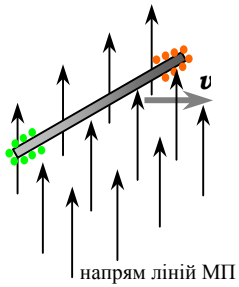


Рис. 4*а*.

В якості додаткового матеріалу розкриваємо причину розділення електричних зарядів на основі дії *сили Лоренца*. Пояснюємо, що розділення зарядів у провідникові, який рухається прямолінійно і рівномірно в однорід-

ному МП припиняється, як тільки електрична сила, що діє на вільні електрони провідника з боку індукованого ЕП, зрівнюється із силою Лоренца.

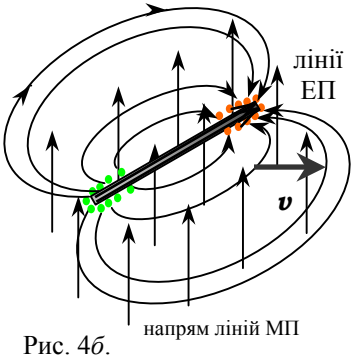


Рис. 4*б*.

Аналізуємо, що аналогічні явища відбуваються за нерухомого провідника, відносно якого рухається МП. Порівнюємо спільні та відмінні риси двох типів ЯЕМІ.

Остаточно формулюємо наступні висновки. *Другий тип явища електромагнітної індукції пов'язаний із* ***породженням індукованого*** (*індукційного*) ***ЕП у постійному МП*** *при взаємному русі провідника і МП*. У провідникові, що рухається в постійному МП, "перетинаючи лінії МП", відбувається перерозподіл електрично заряджених частинок, внаслідок чого на провідникові, перш за все на його кінцях, ***індукуються*** позитивно та негативно ***електрично заряджені частинки***. Під час перерозподілу зарядів по провідникові протікає ***індукований*** (*індукційний*) ***електричний струм***. Із індукованими електрично зарядженими частинками пов'язане ***індуковане*** (*індукційне*) ***ЕП***, лінії якого починаються на позитивно і закінчуються на негативно заряджених частинках. Аналогічні явища відбуваються при русі МП (магнітної системи) відносно провідника.

Як бачимо, при вивченні другого типу ЯЕМІ ми не обмежуємося аналізом виникнення індукованого електричного струму (що характерно для традиційної методики), а основну увагу зосереджуємо на індукованих електричних зарядах та відповідному індукованому ЕП.

5. Електромагнітне поле

Актуалізуємо знання учнів про ЕП, МП, ЕМП.

Обґрунтовуємо узагальнення Максвелла: не тільки ***змінне МП породжує вихрове ЕП***, але й, навпаки, ***змінне ЕП породжує МП*** (це МП теж є вихровим). Отже, ЕП і МП взаємно породжують одне одного. А наявність ЕП чи МП поля залежить від вибору системи відліку. На основі аналізу взаємозв'язку ЕП і МП Максвелл першим побачив, що ЕП і МП не просто тісно пов'язані між собою, а утворюють спільне ціле – "єдине" ***ЕМП***.

Узагальнюємо уявлення учнів про "джерела" ЕП і МП, про ЕМП у цілому і формулюємо висновок. Існує ***ЕМП*** – вид матерії, завдяки якому здійснюється *ЕМВ*, що поширюється у вакуумі зі швидкістю $3 \cdot 10^8$ м/с; *ЕМП* має енергію. *ЕП і МП* – це два види ЕМП; наявність ЕП чи МП залежить від вибору системи відліку. *ЕП* має подвійну природу: 1) ЕП електрично заряджених частинок (лінії якого починаються на позитивно та закінчуються на негативно заряджених частинках); 2) вихрове ЕП, породжене змінним МП (лінії вихрового поля замкнуті). *МП* завжди вихрове і має потрійну природу: 1) МП рухомих електрично заряджених частинок (у тому числі провідників

зі струмом і орбітальна складова МП речовини); 2) МП породжене змінним ЕП; 3) спінова складова МП речовини; магнітних зарядів не існує.

Глава 8 "**Практичне використання ЯЕМІ**" розкриває навчальний матеріал в такій послідовності.

1. Генератор змінного електричного струму. (1.1. Принцип дії і будова генератора змінного струму. 1.2. Змінний електричний струм.)
2. Індукований електричний струм у масивних провідниках.
3. Принцип дії і будова трансформатора.
4. Виробництво, передавання на відстань і використання електроенергії.
5. Електрифікація і охорона природи.

Методика навчання тем Глави 8 висвітлена у роботі [7].

Таким чином, є всі підстави для вивчення двох типів ЯЕМІ та формування поняття ЕМП на якісному рівні в основній школі. В повній мірі запропоновані підходи можуть бути реалізованими в умовах диференціації навчання для фізико-математичного профілю. Для звичайних класів при вивченні навчального матеріалу необхідно в більшій мірі орієнтуватись на емпіричне мислення, а частину матеріалу взагалі перенести в старшу школу.

Всі переваги запропонованої методики можна зрозуміти при ознайомлені із повною версією електронного підручника, орієнтовано на використання проблемного навчання. Як результат, отримуємо принципово нову методику навчання ЯЕМІ і ЕМП в основній школі на засадах об'єднання курсу навколо понять ЕМВ і ЕМП.

Література:

9. Физическая энциклопедия / Под ред. Прохорова А.М. Т. 5. – М.: Советская энциклопедия, 1998. – 691 с.
10. Пьоришкін О.В., Родіна Н.О. Фізика. Підручник для 7-го класу. За ред. І.К. Кікоїна. Вид. 2-е. – К: Рад. школа, 1971. – 176 с.
11. Бугайов О.І., Климишин І.А., Коршак Є.В. та ін. Фізика. Астрономія: Пробн. підручник для 9 кл. середн. загальноосвіт. шк. 2-ге вид. / За ред. проф. О.І. Бугайова – К: Освіта, 1999. – 367 с.
12. Державний стандарт базової і повної середньої освіти // Освіта України. – №1–2 (400), 20 січня 2004. – С. 1–13.
13. Бурак В.І. Генералізація електромагнетизму в основній школі // Зб. наук. пр. Кам'янець-Подільського держ. ун-ту: Серія педагогічна: Дидактика дисциплін фізико-математ. та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський, 2004. – Вип. 10. – С. 140–143.
14. Бурак В.І., Купа Є.Г. Методика формування початкових уявлень про електромагнітну взаємодію і електромагнітне поле в основній школі. / Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Вип. V. Т. 2. – Кривий Ріг, НМетАУ, 2005. – С. 50–55.
15. Бурак В.І. Зміст і методика вивчення явища електромагнітної індукції у восьмому класі // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – № 6. – С. 8–10.

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ З ФІЗИКИ

М.І. Задорожній[1], В.М. Задорожній[2]
[1] с. Новоюлівка, Новоюлівська загальноосвітня школа
[2] м. Кривий Ріг, Криворізький природничонауковий ліцей

Постановка проблеми. Сьогодні колективне навчання в загальноприйнятих формах вичерпало свої можливості для розвитку інтелекту учнів, підвищення якості освіти, особливо це стосується предметів природничо-математичного циклу.

Застосування індивідуальних форм навчання та контролю знань учнів дає можливість в значній мірі розв'язати проблему розвитку інтелекту учнів та студентів, підтримувати на достатньому рівні їх здатність до навчання, досягати високого рівня освіти. Але індивідуальні форми навчання вимагають від учителя чи викладача на порядок більших трудових та фінансових затрат, тому в навчальних закладах такі форми роботи застосовуються рідко та епізодично.

Мета статті. Дослідити можливість практичного застосування індивідуальних форм контролю знань учнів при мінімальних трудових затратах, застосовуючи інформаційні технології навчання.

Вимоги до тестів для об'єктивного контролю знань

Власний досвід проведення тестування в різних навчальних закладах з різними варіантами тестування показує, що для об'єктивного тестування знань треба дотримуватись таких правил.

1. Тести повинні бути закритими. Досвід роботи з відкритими тестами показує, що їх застосування, як правило, зводиться до списування друкованих відповідей та розв'язків,

2. Тести повинні бути індивідуальними. Групове тестування приводить до списування один в одного.

3. Тести повинні бути повними. Для об'єктивного оцінювання знань учнів тести повинні мати достатньо велику кількість завдань, що рівномірно охоплюють увесь навчальний матеріал, який тестується, окремо для теоретичних знань і розв'язування задач.

4. Тести повинні відповідати вивченому матеріалові. Якщо при навчанні використовується один посібник, а для контролю використати інший посібник, то це може викликати значні труднощі і знизити результати тестування.

5. Тести повинні бути диференційовані за складністю. При індивідуальному тестуванні кожен учень чи студент показує лише свої знання і рівень цих знань може значно відрізнятися.

6. Тести повинні могти просту систему оцінювання. Для оцінювання тестів використовуються різні схеми оцінювання, багато з яких потребують достатньо складних обчислень або таблиць для перетворення балів в оцінку.

Учні повинні розуміти систему оцінювання і самостійно визначати за тестами свою оцінку. Для цього доцільно використовувати дві дуже прості схеми оцінювання тестів в 12-бальній системі оцінювання.

Одна з них використовується для тестування теоретичних знань – фізичних понять. При вивченні однієї теми вивчається кілька десятків фізичних понять. З них вибирається 12 запитань. Тривалість тесту – 25 хвилин. Одна правильна відповідь – 1 бал. При тестуванні кількох тем, наприклад за семестр, один тест може мати 24 запитання на 45 хвилин, одна правильна відповідь – 0,5 бала з округленням до більшої оцінки.

Друга схема оцінювання використовується для розв'язування задач. Досвід проведення контрольних робіт з фізики показує, що кращі учні класу загальноосвітньої школи за урок можуть розв'язати 3-4 задачі середньої складності. Тому тести, розраховані на 45 хвилин повинні містити 4 задачі: дві задачі першого рівня складності, одну – другого, одну – третього. Кожна задача оцінюється в 3 бали. Розв'язок кожної задачі оцінюється таким чином: аналіз фізичних явищ та запис величин – 1 бал, виведення кінцевої формули – 1 бал, обчислення та відповідь – 1 бал.

7. Тести проводяться без користування будь-якими посібниками. Однією з проблем навчального процесу в школі є дуже низька здатність учнів запам'ятовувати поняття, формули, інші відомості. Причиною цього є недостатнє тренування пам'яті в дитячому віці, перевантаження навчальною інформацією, недостатнє або неповноцінне харчування та інші. Проведення тестів без "шпаргалок" служитиме додатковим стимулом для тренування пам'яті.

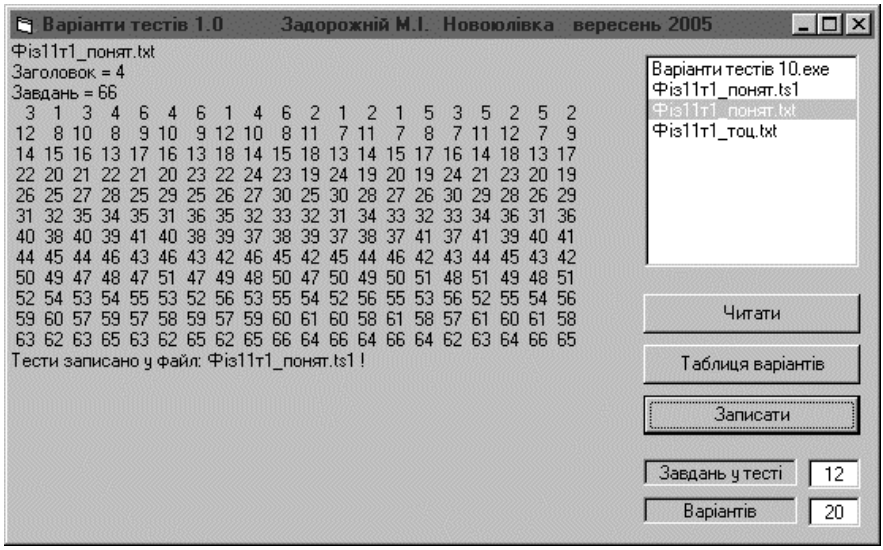
8. Тести не повинні містити варіантів відповідей. Тести з вибором відповідей використовуються, як правило, при комп'ютерному тестуванні для автоматизації оцінювання тестів. Варіанти відповідей, взагалі кажучи, є одним з різновидів "шпаргалок", тому об'єктивність такого тестування є дуже сумнівною. В таких тестах можна вгадати до 20% правильних відповідей навіть не читаючи запитань, а уважно прочитавши їх можна вгадати до 60% правильних відповідей.

9. Тести треба проводити в письмовій формі. Письмовий тест залишається як документ, що засвідчує результати тестування.

Комп'ютерна програма «Варіанти тестів»

Для складання варіантів індивідуальних тестів була створена невелика комп'ютерна програма. Ця програма із вибраного текстового файлу *.txt, в якому записано список запитань чи задач, створює також текстовий файл *.tst з варіантами тестів. Всі завдання при цьому рівномірно розподіляються між завданнями тесту. Для того, щоб два сусідні варіанти не мали однакових завдань, треба щоб загальна кількість завдань в 4 рази перевищувала кількість завдань самого тесту.

Для друкування файл тестів читається і форматується текстовим редактором.



Тестування фізичних понять
Фізика 11. Тема 1: Електромагнітна індукція
Модуль 1. Електромагнітна індукція п. 1-5
Модуль 2. Самоіндукція п. 6-7
Варіант № 1

1) При яких умовах виникає явище електромагнітної індукції?

2) В яких випадках у замкнутому провіднику, який міститься в магнітному полі, виникає індукційний струм?

3) Що таке індукційне електричне поле?

4) Як позначається основна одиниця вимірювання магнітного потоку?

5) Як позначається електричний струм?

6) Як позначається електричний опір провідника?

7) Як позначається довжина провідника?

8) Як позначається різниця потенціалів?

9) Запишіть закон Ома для індукційного струму?

10) На якому явищі ґрунтується робота електродинамічного мікрофона?

11) Як називають основну одиницю вимірювання ЕРС самоіндукції?

12) Як називається основна одиниця енергії магнітного поля?

Тематичне оцінювання
Фізика 11 клас
Тема 1: Електромагнітна індукція
Варіант № 1

1) Замкнутий провідник знаходиться в магнітному полі. Магнітний по-

тік змінився на 0,2 Вб за 0,04 с. Визначити величину електрорушійної сили індукції, що виникла в цьому провіднику?

2) Визначити індуктивність котушки, якщо через неї проходить електричний струм 600 мА і енергія магнітного поля складає 0,18 Дж?

3) Котушка з індуктивністю 400 мГн та опором 2,4 Ом підключена до джерела струму з напругою 12 В. Визначити енергію магнітного поля?

4) Виток дроту розміром 20х30 см розміщений у магнітному полі та замкнений на резистор опором 9 Ом. Визначити силу індукційного струму, якщо магнітна індукція змінюється на 1,5 Тл за 100 мс.

Висновки. Використання програми "Варіанти тестів" дає можливість при наявності готових завдань за 1–2 години підготувати необхідну кількість варіантів для індивідуального тестування знань учнів. Ця програма може бути використана для будь-якого навчального предмета.

Література:

1. Задорожній М.І. Вивчення технології розв'язування фізичних задач // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск V: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2005. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – 400 с. – С. 132-138.

Розділ IV

Дидактика фізики вищої школи

ПРЕДМЕТНАЯ МОДЕЛЬ ОБУЧАЕМОГО ПО ФИЗИКЕ С УЧЕТОМ СОДЕРЖАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

Л.Г. Сергиенко
г. Красноармейск, Красноармейский индустриальный институт
Донецкого национального технического университета
Nikolay_work@rambler.ru

Сегодня вузам предоставлены широкие возможности поиска оптимальных путей подготовки специалистов, отвечающих требованиям ускорения научно-технического и социально-экономического развития Украины, особенно в контексте Болонского процесса. Перестройка учебно-воспитательного процесса прямо связана с ломкой устоявшихся стереотипов в преподавании фундаментальных учебных дисциплин. Тем самым очень остро встает вопрос о тех теоретических и научно-методических основаниях, на которые будут ориентироваться работники высшей школы в ходе решения назревших конкретных проблем деятельности вузов. Конечно, в системе высшего образования накоплен огромный передовой педагогический опыт, который поможет найти верные ориентиры перестройки. Однако, как писал еще К.Д. Ушинский, «передается мысль, выведенная из опыта, но не самый опыт» [1]. Мысль, выведенная из опыта, и составляет необходимые условия разработки адекватной нынешним задачам психолого-педагогической теории обучения.

Деятельность технического специалиста в современных условиях сложная и многоаспектная. Специфика его работы отличается от работы специалистов другого профиля. Ситуации, в которых может оказаться специалист технического профиля, непредсказуемы, поэтому и трудно моделируемы. В связи с этим возникает много проблем при разработке его модели.

В отечественной педагогике и психологии с опорой на теорию познания и деятельности разработан целый ряд теоретических концепций, а также накоплен большой экспериментальный материал, показывающий перспективность этих концепций для повышения эффективности учебно-воспитательного процесса в разных звеньях системы образования. С другой стороны, осуществляется и непрерывное развитие самого предметного содержания обучения естественнонаучных, технических и специальных дисциплин. Проблема состоит в том, чтобы найти точки соприкосновения психолого-педагогической науки с естественными и техническими науками, обеспечить такую их стыковку, которая послужит «общей платформой перестройки высшего инженерного образования». Начало реализации основных направлений перестройки в инженерном вузе сразу породило множество проблем. Каковы цели подготовки бакалавра, специалиста, магистра? Для какой профессиональной сферы деятельности мы их готовим? Каковы требования к модели нашего специалиста, какова структура такой модели?

В чем сущность интеграции образования, производства и науки в процессе подготовки специалиста в техническом вузе? Какое содержание обучения следует считать оптимальным, имея в виду требования фундаментализации и профессионализации подготовки? Как обеспечить условия перехода от массового обучения к индивидуальному подходу, к развитию личности специалиста (целевая подготовка)? Каковы должны быть при этом основы взаимодействия различных кафедр, например, кафедры физики и специальных кафедр? Необходимо также учесть, что в соответствии с принципами Болонской декларации нам необходимо будет перейти на двухуровневую подготовку, что также видоизменит наши цели и задачи, связанные с проблемами обучения.

Из имеющихся в психолого-педагогической науке подходов наиболее адекватным задачам интеграции образования, производства и науки, подготовки профессионально и социально компетентного специалиста является, по нашему мнению, деятельностная теория и концепция системно-контекстного обучения. Деятельностный и системно-контекстные подходы позволяют подойти к целям образования, в том числе и к профессиональной подготовке, со стороны жизненно важных задач, ради которых производится подготовка специалиста [2].

Согласно деятельностной теории, знания выступают результатом определенной деятельности (действий). При этом знания должны занимать полноправное структурно-логическое место в системе определенных действий, реализующих некоторую деятельность. Любая деятельность человека преследует цель решения каких-либо задач, чаще всего связанных с производственной необходимостью. Контекстное обучение – это такое обучение, в котором с помощью всей системы дидактических форм, методов и средств моделируется предметное и социальное содержание предстоящей профессиональной деятельности специалиста, на канву которой накладывается усвоение абстрактных знаний. Контекстное обучение задает систему переходов от учебной работы академического типа через формы квазипрофессиональной (ситуационные задачи, имитационные модели, деловые игры и т.д.) к учебно-профессиональной (НИРС, производственная практика), а от нее к реальной профессиональной деятельности. Так для студента постепенно как бы прорисовывается (и им усваивается) содержание труда специалиста. Студент движется от наиболее абстрактных знаковых систем, существующих главным образом в рамках отдельно взятой учебной дисциплины, в нашем случае физики, ко все более конкретным предметам и межпредметным моделям; в конечном счете для него становится естественным переход от учения к труду. Процесс учения не замыкается сам на себя (учится, чтобы получить знания), а выступает той формой личностной активности студента, которая обеспечивает ему необходимые в будущем предметно-профессиональные и социальные качества личности. Очевидно, что в рамках контекстного обучения могут одновременно решаться задачи

двух ключевых направлений перестройки инженерного образования: интеграция обучения, науки и производства и обеспечения подготовки социально зрелой творческой личности специалиста.

В дидактике были предприняты многочисленные попытки построения моделей специалиста, однако они почти не получили отражения в соответствующих моделях учебного процесса. Один из наиболее интересных теоретических подходов к этой проблеме предложен Н.Ф. Талызиной. По ее мнению, «описание целей образования (модели специалиста) означает представление или системы типовых задач, или системы адекватных им умений (видов деятельности)» [3]. В состав таких целей входят не только умения решать профессиональные задачи, но и умение учиться, общаться с людьми, ориентироваться в любых событиях.

В работе по перестройке процесса подготовки специалистов мы, естественно, учитываем концепции и опыт других авторов. Принципиальное отличие нашего подхода к проблеме от имеющихся в том, что разрабатываемая нами модель обучаемого должна служить основой всего учебно-воспитательного процесса для целевой интенсивной профессиональной подготовки специалиста с опорой на контекст его будущей деятельности.

Качество профессиональной подготовки специалиста любого профиля зависит от степени обоснованности основных узлов: цели обучения, содержания обучения и принципов организации учебной деятельности [3].

Содержание целей подготовки специалистов технического профиля определяется особенностями профессиональной деятельности, конкретными условиями, отвечающими принципу связи обучения с жизнью. Описать цель образования, а следовательно, модель специалиста, значит представить или систему типовых задач или систему адекватных им умений (видов деятельности).

В нашей модели обучаемого реализованы общепринятые следующие дидактические принципы, перечень которых остается всегда открытым:

– принцип системности, или упорядочение знаний обучаемого;
– принцип наглядности;
– принцип связи теории с практикой;
– принцип эффективности обучения;
– принцип доступности;
– принцип сочетания индивидуального и коллективного;
– принцип активности;
– принцип многостороннего обучения;
– принцип единства и взаимосвязи и др.

Наряду с общеизвестными, мы разработали следующие принципы, наполняя общепринятую теорию определенным дополнительным содержанием:

– принцип соответствия предметной модели обучаемого по физике содержанию специальных дисциплин;

– принцип первичности фундаментальной подготовки;
– принцип политехнизма;
– принцип реальности;
– принцип целенаправленности;
– принцип динамичности;
– принцип причинно-следственных соотношений;
– принцип интеграции обучения с самообразованием;
– принцип реализации физических задач творческого профессионального характера;
– физические принципы организации автоматизации определенного вида производства (в зависимости от специализации);
– принцип раскрытия физических явлений (при автоматизации производства на устройствах и системах автоматизации),
– принцип реструктуризации учебного процесса и др.

Наша модель обучаемого, во-первых, является деятельностной, т.е. представляет собой педагогический проект деятельности, взятой в ее целостном содержании, и совокупности профессиональных функций специалиста. Во-вторых, модель обучаемого задает систему переходов от учения к реальному производственному труду, т.е. является динамической. В-третьих, она дифференцирована по основным направлениям подготовки специалиста в техническом вузе. При этом в модель обучаемого заложено целостное представление фундаментальности физики, органично сплетенной с начальной основополагающей информацией о соответствующем производстве с возможностями последующего профессионального роста выпускника нашего вуза.

Модель включает в себя:

– описание деятельности специалиста в зависимости от специализации, т.е. профессиограмму;

– описание требований к специалисту, которые обеспечивают ему возможность выполнения профессиональных типовых функций. Эти возможности, которые предстоит сформировать у студентов, называют набором модулей деятельности специалиста. Модуль деятельности – это не просто совокупность знаний, умений, навыков, а некоторое системное качество специалиста, связанное со способностью эффективно решать определенный круг профессиональных задач. Таким образом, в нашей модели заданы те характеристики профессиональной деятельности, реализация которых в учебном процессе по физике обеспечит инженерную компетенцию нашего выпускника. В нашем понятии модуль представляет собой программную структурную единицу, представляющую собой относительно замкнутый отрезок обучения. Большие сроки обучения (курсы) могут быть разделены на много дидактически упорядоченных, с точки зрения их целей, содержания, средств и методов, единиц программы (структуры). Фактором, объединяющим различные структуры, является их перенос как внутри так и меж

предметный. Дидактический материал получает в данной предметной системе структурную систематизацию, причем логические и причинно-следственные связи играют в нем не менее важную роль, чем связи временные и пространственные. Такой материал способствует работе мысли обучаемого, активизирует его воображение, инициативу и одновременно создает фундамент для постоянного прироста знаний, основанных на системах и структурах, используемых в дальнейшем для изучения специальных дисциплин. Использование предметно-структурной системы позволяет нам, читая физику, большее внимание уделить на связи между фундаментальными и специальными предметами (ОЭ, ТОЭ, гидравликой, ФГП и т.д.) Особенно важным представляется причинно-следственное соотношение, обусловленное тем, что более глубокое познание физических явлений, являющихся содержанием данного предмета, требует познания их причин или следствий, которые будут рассмотрены в рамках специальных дисциплин. Такое усвоение студентами связей между предметами, особенно успешное в случае применения различных инновационных методов, имеет большую обучающую ценность, способствует закреплению в сознании обучаемых понятий, умений и представлений о связях и зависимостях между предметами и событиями, об основных закономерностях и правилах, действующих в природе.

Развертка структуры деятельности (модулей) по элементам является начальной процедурой перехода от модели специалиста к модели его подготовки, к модели обучаемого по физике. Система элементов каждой предметной единицы (модуля) задает профессионально-предметное содержание обучения по физике и ее структуру. Составление перечня полного набора таких элементов позволяет контролировать формирование профессиональных навыков и конкретных умений обучаемых в процессе обучения физике; такого рода элемент имеет сложную структуру:

– теоретическая основа (предшествующие знания) самой физики, а также обеспечивающих дисциплин (философии, математики, вычислительной техники, теоретической механики, химии и т.д.)

– практическая и методологическая основа (поиск необходимой информации, освоение новых методов, подготовка объекта исследования, проведение эксперимента, обобщение данных, обработка результатов и т.д.)

– социальные факторы.

Все составляющие структурных элементов модели обучаемого по физике, контекстно накладываясь друг на друга, должны составлять некоторое интегративное единство. Усвоение, скажем, теоретических сведений, необходимых для профессиональной деятельности, предполагает их использование в соответствующем лабораторном практикуме, а фундаментальные знания вместе с подтверждающими их результатами эксперимента обеспечивают методологически верное отражение действительности. Это позволяет нам на содержательно-контекстной основе строить структурно-логические

схемы нашей дисциплины, устанавливать меж предметные связи, подбирать систему практических, лабораторных и индивидуальных заданий, согласно разработанной модели обучаемого.

Теоретическая методологическая и практическая составляющие элементов всей структуры курса физики задают предметное содержание подготовки специалиста согласно его модели. Эти составляющие формируются в процессе учебной деятельности студентов. Воспроизводящееся в этой деятельности взаимодействие между преподавателем и обучаемыми определяет приобретаемый последними опыт социальных отношений. Нужно, однако, учесть, что при чрезмерной индивидуализации обучения студенты не накапливают достаточного опыта совместной деятельности и с трудом входят в рабочие коллективы, тратят много сил и времени на социальную адаптацию, не умеют принимать самостоятельные решения, учитывающие интересы других звеньев производства, руководить участком, звеном, бригадой и т.п., брать на себя ответственность. В этой связи создание оптимальных условий для творческого развития каждого будущего специалиста предполагает педагогически оправданное сочетание индивидуальных, парных, групповых и коллективных форм организации учебного процесса по физике. Тем самым мы закладываем обучаемым предпосылки преодоления объективного противоречия между индивидуальным характером развития каждого человека (студента) и коллективным характером профессионального труда.

Излагаемый нами подход к модели обучаемого позволяет, как нам представляется, найти разумный способ преодоления и другого противоречия: между необходимостью, с одной стороны, фундаментализации, а с другой – профессионализации обучения. Профессионализация обычно трактуется как ориентация всего содержания обучения на обеспечение потребностей профессиональной практики, с которой будет иметь дело молодой специалист. Фундаментализация же понимается как увеличение удельного веса учебных дисциплин, отражающих содержание фундаментальных наук, в частности, физики. Если пойти только по одному из этих путей, то может оказаться, образно говоря, что в первом случае наш выпускник будет уметь что-то делать, но мало знать, а во втором – много знать, но мало что уметь делать. Поэтому одним из принципиальных положений нашего системно-контекстного подхода к модели обучаемого является принцип оптимальности.

В соответствии с системно-контекстным подходом фундаментальный инвариант физической науки должен быть представлен на всех этапах непрерывной подготовки горного инженера. Однако, в зависимости от профиля его специализации такой инвариант может быть подан в разной форме, что обеспечит необходимый профессионализм в использовании физических знаний при решении специальных задач производственного характера. Основа фундаментальной науки физики при подготовке инженера должна прежде всего служить базой для его компетентных практических действий.

Так, инженер-электромеханик должен уметь, например, грамотно с точки зрения термодинамики описывать любую физическую систему (пневмосистемы и установки; системы кондиционирования воздуха и т.д.), рассчитывать скорость изменения ее состояния и т.п. Все это составляет содержание определенных элементарных структурных единиц (модулей) деятельности. При подготовке инженера другого профиля, например, инженера-шахтостроителя большее внимание уделяется вопросам динамики твердого тела и статике. Физические законы и понятия (основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела, закон Гука, нормальное напряжение, относительная деформация и т.д.) является базой для усвоения последующих специальных дисциплин, выполнения курсовых работ. Так, например, рассматривая закон Гука и связь нормального напряжения с относительной деформацией упруго деформированного тела, мы показываем расчет стойки шахтной крепи при осевой нагрузке (осевом сжатии). Тем самым абстрактность рассмотренных физических понятий закрепляется реальным их использованием. Студенты понимают, что за правильностью расчета скрывается безопасность ведения производственных работ.

Таким образом, методологические, теоретические, практические и социальные характеристики профессиональной деятельности специалиста задают как содержание учебного курса физики, так и те формы активности студентов, в рамках которых воссоздается и усваивается это содержание. Иными словами, исходя из предметного содержания реального инженерного труда, преподаватель должен спроектировать содержание обучения и выбрать адекватные ему формы, методы и средства учебной работы студентов. Будет ли из множества дидактических форм, имеющихся в арсенале преподавателя, выбрана лекция, лабораторное или практическое занятие, деловая игра, НИРС, беседа или что-либо иное определяется не его предпочтением или установившейся традицией, а конкретными целями и содержанием обучения. То же самое можно сказать и в отношении выбора средств обучения инженера. В этой связи нет смысла говорить отдельно только об интенсивных, активных или пассивных методах и средствах обучения. Каждый из них активен, если обеспечивает усвоение материала и закрепление навыков работы с ним на требуемом уровне. В зависимости от качества усвоения требуется и разный уровень активизации деятельности студентов, т.е. применение адекватной формы или метода.

Представленный здесь концептуальный подход принят нами в качестве теоретической основы перестройки учебного процесса по физике для студентов технической специализации в Красноармейском индустриальном институте ДонНТУ.

На основании вышеизложенного возможен следующий вариант определения модели обучаемого согласно цели нашего исследования: модель обучаемого представляет собой целостный объект, постигающий фундаментальные основы физики, органично сплетенные с профессиональной на-

чальной информацией и направленностью. Таким образом, за основу модели обучаемого, согласно нашей концепции, положена модель его деятельности, что дает возможность значительно улучшить подготовку специалистов любого профиля.

Литература:

1. Ушинский К.Д. Избранные произведения. – М.: АПН РСФСР, 1946. – Вып. 4: Человек как предмет воспитания. Кн. 1. – 329 с.

2. Ильина Т.А. Структурно-системный подход к организации обучения. М.: Знание, 1981. – Вып. 1 – 72 с.

3. Талызина Н.Ф., Печеник Н.Г., Михловский Л.Б. Пути разработки профиля специалиста. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1987.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АКТИВИЗАЦИИ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА ФИЗИКИ

Е.Г. Копанец, Ю.Е. Крот, С.О. Даньшева, Г.Н. Подус
г. Харьков, Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

Слабая мотивация к изучению физики привела к ослаблению познавательного интереса студентов, у многих из которых имеются существенные пробелы в знаниях по элементарной физике, что препятствует усвоению вузовского курса. В этой ситуации особенно важна активизация учебного процесса. Чтобы пробудить у студентов интерес к изучению физики, показать необходимость физических знаний в их будущей профессии, на кафедре физики ХГТУСА в течение многих лет широко используется материал специальных приложений (строительный блок программы). На 1-м курсе этот материал используется в сравнительно небольшом объеме, а при чтении спецкурса «Избранные вопросы физики» на 3-м курсе, наоборот, физика (физический блок программы) излагается только в объеме, необходимом для объяснения материала специальных приложений (строительного блока программы).

Рассмотрим использование прикладных вопросов при изучении раздела «Ядерная физика». Для строительного вуза можно выделить две основные темы специальных приложений: «Ядерно-физические методы в строительстве» [1] и «Радиационная безопасность и проблемы радиационной экологии» [2] с подразделом «Радиационная безопасность зданий» (проблема облучения людей в помещении заслуживает большого внимания, поскольку человек проводит в помещении 70-80% своей жизни).

Первая из названных тем в настоящее время рассматривается только в историческом аспекте, хотя опыт использования на ДСК-1 в г. Харькове гамма-излучения для определения плотности керамзитобетона представляет значительный интерес.

Вторая тема актуальна, поскольку в мире постоянно увеличивается опасность отрицательного влияния радиации на организм человека при использовании атомной энергии (аварии на АЭС, испытание ядерного оружия, небрежное хранение ядерных отходов, добыча радиоактивного сырья). Вследствие этого естественный радиоактивный фон дополняется искусственным.

Вернемся к разделу «Ядерная физика». Начиная изучение этого раздела, студенты слушают информацию о его значении для подготовки инженеров-строителей, знакомятся с тематикой материала специальных приложений, после чего им предлагается вопрос: «Какими показателями следует руководствоваться при выборе строительных материалов и принятии техни-

ческих решений при проектировании и строительстве личного дома, чтобы уровни радиационных параметров не превышали допустимых?». (Чтобы вместо известного «Мой дом – моя крепость» не получилось другое: «Мой дом – моя могила».)

Этот вопрос вызывает у студентов живой интерес, поскольку для объекта жилой среды важнейшей характеристикой является его экологическая безопасность. Большинство факторов, определяющих воздействие среды на человека (микроклимат, шум, вибрации и т.д.), вполне ощутимы человеком, но есть факторы, которые без специальных средств определить невозможно, хотя они и являются самыми опасными по характеру воздействия и тяжести последствий. Одним из таких факторов является радиоактивность.

Чтобы показать учет степени облучения людей в помещении, сошлемся на нормативные документы, действующие в Украине [3] и регламентирующие допустимые уровни радиационных параметров. Это $A_{эфф.}$ – эффективная удельная активность радиоактивных материалов, содержащихся в сырье и в строительных материал (измеряется в Бк/кг). В настоящее время эта важная характеристика указывается в рекламных проспектах. Для помещений приводится объемная активность радона в воздухе, измеряемая в Бк/м^3, и мощность экспозиционной дозы, измеряемая в Кл/(кг·с), ее внесистемная единица мкР/с.

Естественные радионуклиды, содержащиеся в горных породах и минералах, используемых для производства строительных материалов, имеют эффективную активность от 7 до 4700 Бк/кг, в связи с чем возникает необходимость контроля радиоактивности строительных материалов, изделий, конструкций, поскольку они могут вносить большой вклад в радиационную ситуацию в помещении. В стройматериалах могут содержаться не только естественные радионуклиды, но и техногенные.

В зависимости от значения $A_{эфф.}$, строительные материалы разделяются на классы. Основная масса материалов относится к первому классу (удельная эффективная активность не выше 370 Бк/кг). Они радиационно безопасны и пригодны для всех видов строительных и ремонтных работ. Но попадаются марки строительных материалов, относящиеся ко второму классу ($A_{эфф.}$ составляет 370…740 Бк/кг) и даже к третьему классу ($A_{эфф.}$ составляет 740…2800 Бк/кг). Их применение при строительстве жилых домов ограничено. Несколько лет назад в г. Изюме в продаже был шамотный кирпич, относящийся по республиканским нормам к третьему классу и все же использовавшийся (вплоть до запрета санитарно-эпидемической станцией) жителями для строительства в частном секторе. Строительные материалы должны всегда снабжаться свидетельством относительно их радиоактивности.

Строительные материалы вносят большой вклад в радиоактивность помещений. Эффективная удельная активность радионуклидов в строительных материалах в значительной степени определяет дозу гамма-излучения в

помещениях, составляющую 30-35% дозы облучения, полученной от строительных материалов. В построенных зданиях изменить гамма-фон практически невозможно.

Дополнительными факторами радиационного воздействия на человека являются радиоактивные газы естественного происхождения, в особенности радон-222. Радон встречается во многих материалах, в том числе и строительных, откуда он диффундирует в окружающую среду (атмосферный воздух, воду). Скапливаясь в подземных резервуарах, радон растворяется в воде и может попадать в почву, а далее – в помещения. В закрытых, плохо проветриваемых помещениях (на нижних этажах), а также на станциях метро концентрация радона в десятки-сотни раз может быть большей, чем снаружи.

Эффективная радиационная доза облучения за счет распада радона достигает 30-40%. Основные факторы, определяющие объемную активность радона: плотность потока, характеристики помещения и кратность воздухообмена. В построенных зданиях для снижения скопления радона требуются дорогостоящие технические мероприятия. Поэтому под застройку необходимо использовать территории с пониженным содержанием радона, пространство под полом должно иметь свободное сообщение с наружным воздухом, а здания нужно устанавливать на сплошную монолитную железобетонную плиту толщиной не менее 10-12 см.

В соответствии с ДБН Украины, в строящихся помещениях жилого фонда объемная активность радона и его дочерних изотопов в воздухе не должна превышать 100 Бк/м^3, а мощность экспозиционной дозы– 60 мкР/ч.

В заключение отметим, что материал специальных приложений на кафедре физики ХГТУСА используется не только в лекциях, но и на практических занятиях (расчет концентрации радона по значению его активности; оценка дозы, получаемой человеком на местности, загрязненной радиоактивными изотопами; определение толщины слоя половинного ослабления гамма-излучения для различных материалов). В лабораторных работах можно исследовать поглощение гамма-излучения различными материалами (сухой и влажный песок, свинец).

Литература:

1. Гусев А.А. Ядерно-физические методы в строительстве и строительной промышленности. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 152с.
2. Копанець Є.Г., Крот Ю.Є., Подус Г.М., Даньшева С.О. Неруйнівні методи контролю якості в будівництві. – Харків: ХДТУБА, 2003. – 101 с.
3. Барановський В.В. Будівельне матеріалознавство. Радіоактивність будівельних матеріалів (конспект лекцій). – К.: КНУБА, 2002. – 16 с.
4. Касьянов С.П. Управление уровнем радоновой безопасности объектов строительства на этаж проектирования и реконструкции. Автореферат диссертации на соискание уч. ст. к.т.н. – Днепропетровск, 1998.

ФОРМУВАННЯ НАУКОВОГО СВІТОГЛЯДУ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ У ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН

О.І. Ярошева
м. Донецьк, Донецький державний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського
physics@kaf.donduet.edu.ua

В наш складний зламний час постають нові проблеми світогляду і потребують переосмислення старі. Розпад Радянського Союзу та перегляд усієї системи виховання призвели до втрати будь-яких орієнтирів у цьому напрямку. Пошуки ідеї, навколо якої можлива консолідація суспільства при розбудові незалежної України, призвели до реанімації теології. Але вся історія розвитку суспільства показує, що для освіченої людини ідея консолідації навколо релігійних засад неприйнятна. Якщо проаналізувати історію розвитку суспільства, то слід признати, що релігія ніколи не була і зараз не є консолідуючим чинником. Великий фізіолог І. Павлов писав, що релігія завжди з'являється тоді, коли людині тяжко, що віра – це якби інструмент слабкої натури. Видатні вчені-природознавці і філософи-матеріалісти науково доказували, що в природі нема місця надприроднім силам. Глобальна екологічна криза, яку переживає людство з кінця XX століття, показує, що перед загрозою знищення життя на Землі консолідуючою суспільство ідеєю може стати стратегія виживання людства. Сучасному стану розвитку цивілізації необхідна нова ідеологія: чому б екології як образу мислення не стати одним із догматів сучасного гуманізму? Але екологічні принципи взаємодії суспільства з навколишнім середовищем можуть стати переконанням кожної людини тільки на базі наукового сприйняття величезного навколишнього світу.

Злагодженість і гармонійність усіх процесів у Всесвіті змушує ставити запитання про сили, які управляють цим нескінченно складним "механізмом". З цього приводу наука і релігія ведуть багатовікову суперечку. З точки зору любої релігії у світі існують надприродні сили, які і є творцем Всесвіту. Релігія завжди апелювала до невідомого. Там, де діє невідоме науці начало, там поле дії релігії. З розвитком науки все менше місця для надприродного. Як відомо, одним з наріжних каменів наукового світогляду є уявлення про єдність світу, його матеріальність. Іншими словами, у світі існує тільки матерія, нема ніяких надприродних сил, відірваних від матерії або які стоять над нею. Наука визнає, що у світі можливі явища, які в силу тих або інших об'єктивних умов не можуть бути досліджені на даному рівні розвитку наших знань .Але це зовсім не означає, що подібні явища принципово неможливо дослідити. Як і всі інші явища, вони мають природне походження, підкорюються певним об'єктивним закономірностям і за певних умов

будуть вивчені. Дійсно, чим далі природничі науки проникають у тайни світобудови, тим все більш складна картина будови Всесвіту відкривається людині.

Особливо сприятливі умови для формування наукового світогляду існують в процесі викладання курсу фізики. Вивчення найбільш загальних законів природи дає можливість зрозуміти природничий характер картини Всесвіту і отримати відповідь на запитання, яким чином природа могла "передбачити" те нескінченне різноманіття об'єктів і зв'язків, які ми в ній спостерігаємо.

Для кращого сприйняття величезного навколишнього світу, в курсі загальної фізики слід би ввести розділ "Елементи будови Всесвіту", який повинен стояти першим. У цьому розділі слід розглянути питання про місце Землі у космосі, підкреслити, що космос слід розглядати як єдиний організм, в якому всі процеси взаємопов'язані. Слід звернути увагу на те, що Земля є складовою частиною космосу, тісно пов'язана з ним різними формами впливу останнього на життя. Для формування наукового світогляду слід акцентувати увагу на те, що вплив космосу на життя на Землі має цілком матеріальну основу, воно здійснюється за рахунок гравітаційного впливу, електромагнітного, корпускулярного та іншого, поки невідомого, випромінювання.

Протягом вивчення усього курсу фізики слід звертати увагу на її велике світоглядне значення як фундаментальної науки для побудови фізичної картини світу. У розвитку фізики, як відомо, можливо виділити окремі, якісно різні етапи, обумовлені ступенем її проникнення у глибину матерії. Перехід від одного етапу до іншого завжди є якісний стрибок у розвитку природознавства, крах старої і поява нової картини світу.

Вивчаючи закони класичної механіки, слід підкреслити, що створена зусиллями багатьох вчених (особливо Галілея і Ньютона) механічна картина світу, незважаючи на її обмеженість, відіграла величезне значення для формування матеріалістичного світогляду. Так, наприклад, показуючи загальний характер закону всесвітнього тяжіння, закону інерції, закону пропорційності сили та прискорення, закону, згідно з яким дія дорівнює протидії, класична механіка фактично вела боротьбу проти ідеалізму за утвердження матеріалістичного розуміння єдності світу. При вивченні динаміки центральне світоглядне місце займає принцип причинності. Розглядаючи принцип причинності, як "лапласівський детермінізм", слід підкреслити його обмеженість, що полягає у запереченні об'єктивного характеру випадковості і абсолютизації механічної картини світу. Але обґрунтування причинності, навіть з механічних позицій, стверджувало об'єктивний характер існуючих зв'язків, давало можливість пояснення природних явищ з матеріалістичних позицій. Поглиблення наукових знань про навколишній світ неминуче супроводжується не тільки ускладненням математичного апарату, але і зміною моделей фізичної реальності, їх все більшим віддаленням від простих меха-

нічних моделей.

Вивчаючи розділ фізики “Електромагнетизм”, слід звернути увагу студентів на світоглядні питання теорії Дж. Максвелла. Створена електромагнітна картина світу пояснювала більш широке коло явищ і ще глибше викривала матеріальну єдність світу. В подальшому електромагнітна картина світу зіткнулася з рядом принципових труднощів і їй на зміну прийшла квантовопольова фізична картина світу. Новий етап у розвитку фізики, який характеризується посиленим розвитком фізики атомного ядра і елементарних частинок, показав, що і квантова механіка має обмежену область застосування. Зараз зусилля вчених-фізиків направлені на побудову єдиної теорії поля, яка б об’єднала всі чотири фундаментальні види взаємодії. Успіхи у побудові єдиної теорії поля, створення електрослабої теорії, квантової хромодинаміки, безсумнівно, приведуть до побудови більш загальної і більш точної фізичної теорії і фізичної картини світу. Таким чином, відображення об’єктивної реальності, проникнення у сутність виучуваних явищ – це нескінченний, необмежений процес, у результаті якого наше розуміння фізичної реальності стає все глибшим і адекватним. Фізичну картину світу слід розглядати як ідеальну модель природи, що включає в себе найбільш загальні поняття, принципи і гіпотези фізики і характеризує певний історичний етап ii розвитку.

Проаналізувавши розвиток сучасної фізики, слід підкреслити, що уявлення про матеріальну єдність світу, відсутність в ньому надприродних сил знаходить все більше підтвердження.

Розглядаючи поняття “матерія”, слід звернути увагу на те, що нескінченні типи її рухів і конкретні форми, які вона приймає. До матеріальних об’єктів природи слід відносити не тільки частинки речовини, але і фізичні поля. Розвиток наших знань про будову матерії можна подати як безперервну боротьбу двох протилежних концепцій: концепції дискретності (перервності) і контуальності (безперервності). Квантова теорія поля зняла цю протилежність. Квантові об’єкти – це вже і не речовина і не поле, а діалектична єдність того і другого. Після проникнення у середину атомного ядра, фізика відкрила такі формі руху матерії, які не зводяться не тільки до механічної, теплової, або електромагнітної, але і до квантово-механічної.

При цьому, згідно з законами природи, можуть виникати різноманітні матеріальні системи, у тому числі і дуже складні. У більшості випадків такі системи виявляються не довгостроковими. Навіть незначні відхилення від випадково досягнутого стану рівноваги призводять до того, що досягнута рівновага порушується. В деяких випадках, знову таки у вигляді випадкового збігу обставин, можуть виникати стійкі утворення. У таких системах дія природних законів призводить до того, що будь-які відхилення від рівноважного стану або самі виправляються за рахунок особливостей будови системи, або приводять в дію внутрішні сили, які знову відновлюють порушену рівновагу. Слід акцентувати увагу на те, що взагалі стійкість, як відомо, є

одним з характерних властивостей організованої матерії. Системи подібного типу кібернетика назвала саморегулюючими. Такі системи є як у неорганічному світі, так і живій природі. Взагалі стійкість, як відомо, є однією з характерних особливостей організованої матерії. Як приклад, слід навести відомий закон Ленца для електромагнітних явищ, згідно якого всяка зміна магнітного поля спричиняє виникнення струму індукції, магнітне поле якого перешкоджає змінам, які визвали цей струму. Аналогічний закон – принцип Лє Шательє – діє і у хімічних процесах. Можливо припустити, що аналогічні закони справедливі і для багатьох інших явищ. Слід підкреслити, що саме дією природничих закономірностей, природного саморегулювання, а не божественним піклуванням, пояснюється стійкість і рівновага різних об'єктів навколишнього світу. Слід звернути увагу на те, що системи "живі організми – середовище їх існування" також відносяться до саморегулюючих. Саме саморегулюванням пояснюється та дивовижна узгодженість між живими організмами і середовищем їх існування, з яким ми зустрічаємося у природі на кожному кроці.

Як відомо, поширення другого закону термодинаміки, який був відкритий для замкнених систем, на відкриті системи, призвів до ідеалістичних висновків про неминучість так званої "теплової смерті" Всесвіту.

Теорія еволюції органічного світу розглядає біосферу як відкриту систему, що знаходиться в нерівноважному стані і обмінюється речовиною, енергією і інформацією з навколишнім середовищем. Термодинаміка відкритих систем вивчає нерівноважні процеси. В їх описі ключову роль відіграє поняття зменшення ентропії системи за рахунок процесів, що відбуваються у середині неї. Відкриті системи безупинно флуктують. Іноді окрема флуктуація може стати (у результаті позитивного зворотного зв'язку) настільки сильною, що організація яка існувала раніше не витримує і руйнується. У цей переломний момент, у точці біфуркації, принципово неможливо передбачити, в якому напрямку буде відбуватися подальший розвиток: чи стане стан системи хаотичним, чи вона перейде на новий, більш високий рівень організації. Під дією випадкових чинників і добору відбуваються повільні кількісні зміни параметрів системи, що розвивається (еволюційний розвиток), а потім наступає перехід у новий стан (біфуркаційний розвиток). Біфуркаційні процеси роблять процес еволюції незворотнім. Біфуркаційний механізм розвитку підтверджує можливість спонтанного виникнення порядку й організованості з безладдя і хаосу в результаті процесу самоорганізації.

Хід розвитку біосфери зовсім не призводить до пониження рівня організації і зменшення різноманіття форм організмів та їх угрупувань; розвиток живої матерії відбувається від нижчих форм до вищих. Здатність відкритих систем до самоорганізації – одне з величезніших досягнень сучасної фізики. Очевидно, що при існуючих космічних і земних передумовах жива речовина біосфери здатна продовжувати свій "тиск" на зовнішні оболонки Землі і потенціал цього тиску аж ніяк не слабшає. Антропогенний фактор, який

спричиняє деградацію біосфери, слід розглядати як флуктуацію, спричинену популяційним вибухом, який, по законам регулювання, неминуче буде елімінований. Система суспільство – природа, за теорією Пригожина, досягнувши точки буфіркації, повинна буде перебудуватися. Біфуркація – це імпульс до розвитку біосфери по-новому, невідомому шляху. Яке місце в ньому посяде людство – це предмет спеціальних досліджень.

Як висновок, слід звернути увагу студентів на те, що вивчення природничих наук (у тому числі фізики) дає можливість зрозуміти, що людство повинно брати на себе більше відповідальності за стан свого середовища проживання.

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ПІДГОТОВКИ НАВЧАЛЬНИХ ПОСІБНИКІВ З ФІЗИКИ

Ю.Є. Крот
м. Харків, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури

Запровадження нових технологій навчання (краще б воно було поступовим) передбачає зростання ролі самостійної роботи студентів. Керівники освіти різних рівнів декларують необхідність переходу від видання "паперових" посібників до виготовлення їх електронних версій. Проте досвідчені комп'ютерники, які працюють у видавничий сфері, знають, що редакторсько-коректорська робота з роздрукованим текстом більш плідна, ніж із зображенням тексту на моніторі. Крім того, комп'ютеронасиченість нестоличних навчальних закладів "залишає бажати кращого". То ж можна сподіватись, що не скоро ще (а то й ніколи) відбудеться похмуро прогнозована Реєм Бредбері акція знищення книг.

Останнім часом спостерігається своєрідна «графоманія» – багато викладачів (а не тільки ті, у кого є до цього справжні здібності і відповідні знання) займаються видавничою діяльністю. Але справді високоякісні посібники можуть створити лише глибоко ерудовані, фанатично віддані обраній дисципліні викладачі. Вони повинні при цьому користуватись не тільки знаннями, отриманими під час навчання чи колись давно самостійно надбаними, а й сучасними поняттями і поглядами на фізику. Для цього потрібно постійно стежити за розвитком науки. (Автор вважає, що деяке право на подібний вступ до тексту самої доповіді йому надає колишня участь, майже протягом семи років, у роботі науково-методичної комісії Міністерства вищої і середньої спеціальної освіти України, під керівництвом професорів О.З. Жмудського, І.С. Горбаня, П.П. Чолпана.)

У доповідях на попередніх науково-методичних конференціях, що відбувалися у Кривому Розі і в Мелекіно, автор намагався звернути увагу учасників конференцій на деякі хибні (архаїчні) уявлення в галузі фізики, що міцно "укорінились" у свідомості багатьох авторів навчальних посібників. Зокрема, автор активно пропагував і пропагує науково-методичні розробки академіка Л.Б. Окуня (ученого, якого Л.Д. Ландау відносив до десятки найбільш здібних радянських фізиків-теоретиків). Крім того, автор пропонував і деякі свої зауваження щодо змісту навчального курсу фізики. Проте ефект від емоційних звернень Л.Б. Окуня до викладачів фізики (і, тим більш, від зауважень автора) з пропозицією перебудувати зміст ряду викладок навчального матеріалу відчувається слабко. (Існують рекомендації щодо *гуманітаризації* процесу навчання з усіх напрямків, то ж можна реакцію декого з авторів на заклики Л.Б. Окуня жартівливо охарактеризувати за І.А. Криловим: "А Васька слушает да ест", або ж за Л.П. Глібовим: "А Мурий їсть собі

та їсть”.)

Згадаємо, що майже 17 років тому Л.Б. Окунь звернув увагу фізиків (на сторінках центрального наукового фізичного органу [1]) на те, що в навчальній і науковій літературі спостерігаються істотні відхилення від ейнштейнівських поглядів на динаміку спеціальної теорії відносності (СТВ). Зокрема вчений зазначив, що взаємозв’язок енергії і маси встановлює формула $E_0=mc^2$, а не $E=mc^2$ чи $E_0=m_0c^2$. Останні дві формули неправильні (хоча $E=mc^2$ стало майже символом науки XX століття), а маси m_0 взагалі не існує, бо $m\neq f(\upsilon)$. Л.Б. Окунь писав: “Наприкінці XX ст. з поняттям маси, яка залежить від швидкості, час остаточно розпрощатися”. Але багато хто з авторів не хоче робити цього і в XXI столітті [2, 3, 4, 5].

Пізніше в статті “Маса” в фізичній *енциклопедії* (не в словнику) [6] Л.Б. Окунь написав, що в літературі “ще широко розповсюджена архаїчна термінологія, яка виникла на початку XX ст. у процесі створення СТВ”. І далі: “В цілому термінологія, що використовує поняття “маса спокою”, “маса руху”, формулу $E=mc^2$, заважає зрозуміти сутність СТВ”. Традиційно про глибоко освічену, ерудовану людину кажуть, що вона має “енциклопедичні знання”. То ж для тих, хто досі говорив про “масу спокою”, ще є реальна можливість “стати енциклопедистом”.

Ще цитата з [1]: “… самостійно мислячий учень повинен відчувати інтелектуальний дискомфорт, вивчаючи за стандартним підручником (з формулою $E=mc^2$) теорію відносності”. На жаль, такий дискомфорт не відчувається навіть багатьма викладачами. (Автор сучасного шкільного підручника з астрономії, видатний український астрофізик І.А. Климишин писав автору доповіді з приводу невдалого підручника свого “наступника”: “Не можна калічити дітей”). Знову Л.Б. Окунь: можна вивчити СТВ, користуючись підручником Ландау і Ліфшиця, “без маси, що залежить від швидкості, і супутньої їй нісенітниці”.

У підручнику для студентів природничо-наукових напрямів [7] (який автору доповіді здається одним з найкращих) написано: “Імпульс виступає як деяка самостійна характеристика, яка не обов’язково визначається добутком $m\vec{\upsilon}$. Таке визначення імпульсу цілком необхідно для тіл (саме цим фізичним об’єктам властиво мати масу), які рухаються відносно повільно”. Зрозуміло, що уже завдяки такому обмеженню неможливий був би вираз $p_\phi=m_\phi c$ (адже фотон рухається “не повільно”). Як відомо, $p_\phi = h\nu/c$.

Згаданий вираз $p_\phi=m_\phi c$ і *принципово* неправильний, оскільки *маса* фотона дорівнює нулю (а не “*маса спокою* фотона дорівнює нулю”, як іноді говорять, адже m_0 взагалі немає).

(Деякий відступ щодо корисності читання: “Кожному, хто займається науковою роботою, доводиться вести боротьбу на два фронти: боротися з природою і з власним неуцтвом. На першому фронті створюються нові наукові твердження, на другому – відбувається оволодіння тим, що створили

інші” [8].)

Дехто віддає категоричну перевагу власному “здоровому глузду” перед ознайомленням із досягненнями людства (згадаємо: Е. Резерфорд не любив читати, П.Л. Капиця не радив своїм учням багато читати, бо ніколи буде працювати). Ось приблизно як міркують такі люди: “Фотону не властива *інертність* (його не потрібно ні розганяти, ні загальмовувати), отже його *маса спокою* дорівнює нулю. Оскільки фотон не буває у спокої, то він має тільки динамічну масу. Поняття ж безмасовості фотона *не вкладається в логіку* наших понять про природу.”

(Не виключено, що *логіка* “опонентів” Л.Б. Окуня, дехто з яких навіть не познайомився з його фундаментальною статтею в УФН, “не маючи в цьому потреби”, сформувалася свого часу під впливом ленінської “критики” нобелівського лауреата, “енергетиста і агностика-ідеаліста”, В. Оствальда, а також під впливом тверджень філософів-ленінців щодо “невідривності енергії від маси”.

“Якби фотон не мав маси, не було б притягання його до великих мас (не було б викривлення світлових променів поблизу Сонця)” – так продовжуються *логічні* вправи. Неначе відгадавши, що можуть з’явитись такі “заперечення”, Л.Б. Окунь у [9] писав: “Що стосується гравітаційного притягання, то маса тут (*в релятивістській механіці*) ні при чому. Так, експериментально виявлено, що фотон, маса якого нульова, відхиляється в гравітаційному полі”.

На жаль, і серед доповідачів нашої конференції зустрічалися прихильники понять «маса спокою», «релятивістська маса», «маса фотона» [10].

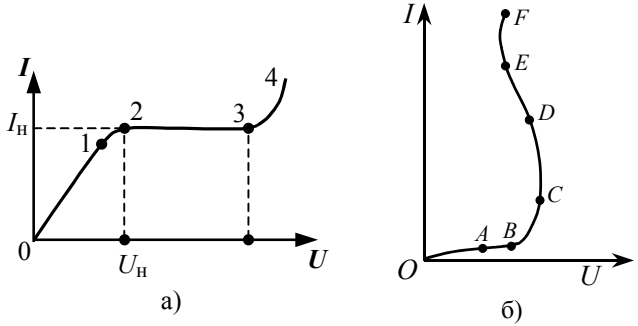


Рис. 1. Вольт-амперні характеристики: а) несамостійного розряду [11], б) розряду, що став самостійним [13]

Далі – щодо струму в газі. В [11] стверджується, що ділянка 3-4 вольт-амперної характеристики газового розряду (рис. 1*а*) відповідає *самостійному* розряду. Але насправді розряд, що відповідає цій ділянці, хоч і сильний, але ще не самостійний: він викликається іонізаційною дією на молекули швидких електронів, а не іонів; при усуненні зовнішнього іонізатора розряд припиняється. Розряд переростає в самостійний при подальшому посиленні

зовнішнього електричного поля за умови, що прискорені ним іони: 1) викликають ударну емісію електронів з катода; 2) іонізують молекули газу при зіткненні з ними [12, 13, 14]. На рис. 1*б* початковій стадії самостійного розряду відповідає ділянка CD (самостійний темний розряд), далі – ділянка DE ("піднормальний" тліючий розряд) і ділянка EF (нормальний тліючий розряд). На ділянках CD і DE спостерігається деяке зменшення спаду напруги, що зобов'язано значному збільшенню числа заряджених частинок у плазмі (перероставання тліючого розряду в дуговий при посиленні зовнішнього поля на рисунку не показано).

Автор доповіді вже нагадував [15], що "векторна спарка" $\vec{E}$ і $\vec{H}$ була рівноправною до введення СІ, а зараз треба "спарювати" вектори $\vec{E}$ і $\vec{B}$. Саме так поєднують характеристики електричного і магнітного полів класики [16, 17] (рис. 2) і деякі сучасники [7] (рис. 3). Але ж і досі широко використовується перша пара векторів (рис. 4). Це особливо некорисно для засвоєння студентами різних розділів фізики, в яких присутня згадана "векторна пара". Адже студенти зовсім недавно (у школі) зустрічалися тільки з другою парою.

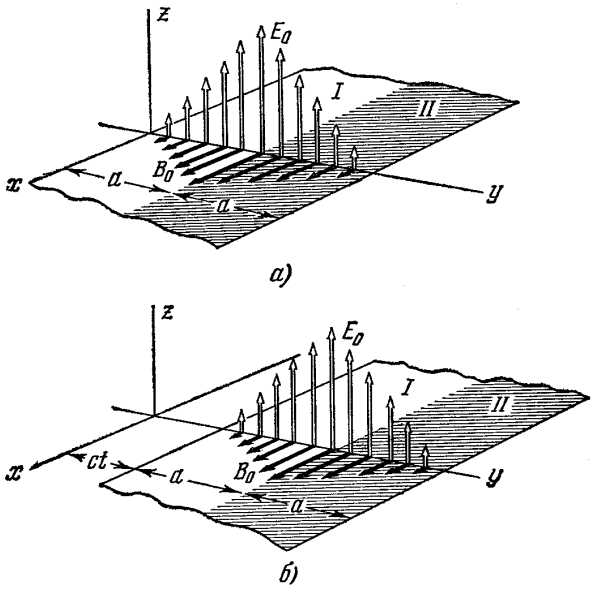


Рис. 2. Поширення електромагнітної хвилі з початкового положення (а) на відстань ***ct*** (б), [17]

{(У підручнику [19] на графіку електромагнітної хвилі (рис. 5*а*) по осі аплікат відкладено, як і треба, індукцію $\vec{B}$, а от по осі абсцис – чомусь від-

кладено не координату (рис. 3) чи шлях (рис. 5*б*), а швидкість $\vec{\upsilon}$, неначе вона змінюється, а конкретно – збільшується, від нуля.

Замість небажаного позначення $\vec{\upsilon}$ на самій осі абсцис (рис. 5*а*), символ швидкості можна зображати над графіком (рис. 5*б*), або можна вказувати напрям хвилі одиничним вектором $\vec{n}$ (рис. 4).

Входячи протягом кількох років до складу журі олімпіади з фізики серед учнів середніх навчальних закладів Харківської області, автор (під час бесіди з учнями у процесі розгляду їх апеляцій стосовно виконаних ними завдань) почув від одного з учасників олімпіади про цілком анекдотичний випадок: учитель(ка) знизила йому оцінку за те, що у своїй відповіді на уроці він відклав по осі абсцис *шлях*, і порадила "не відхилятись від базового підручника" (оце й є виконання "методичної заповіді" не "калічити" учнів?)}.

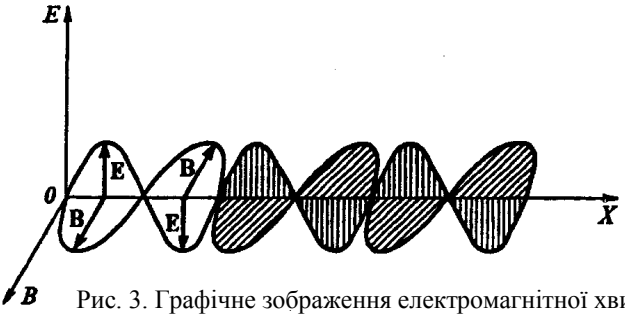


Рис. 3. Графічне зображення електромагнітної хвилі (без позначення її напряму), [7]

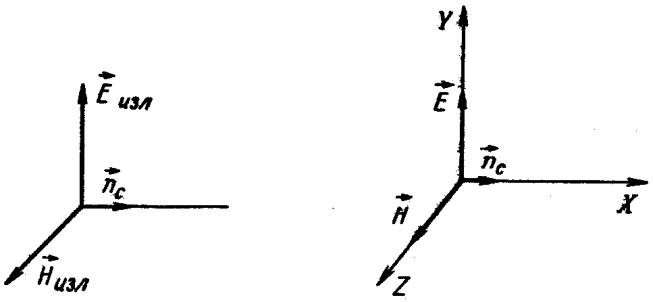
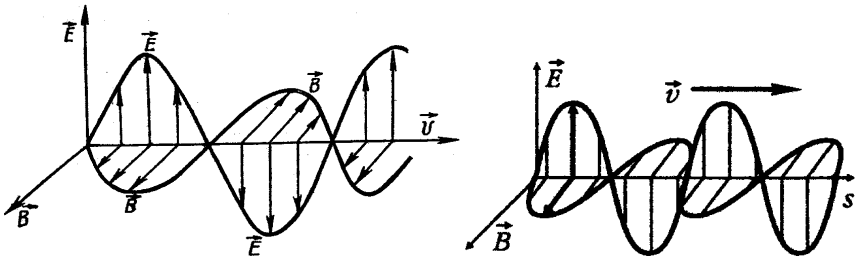


Рис. 4. Один із можливих способів позначення напряму електромагнітної хвилі [18]



а) б)

Рис. 5. Ще два способи позначення напряму швидкості: а)некоректний [19], б) коректний [14]

“Переплутанина” із “спарками” спостерігається і в запису “божественних” (за висловом Л. Больцмана) рівнянь Максвелла.

Уравнения Максвелла:

$$\nabla\cdot\mathbf{E}=\frac{\rho}{\varepsilon_0},\qquad \nabla\cdot\mathbf{B}=0,$$

$$\nabla\times\mathbf{E}=-\frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t},\qquad c^2\nabla\times\mathbf{B}=\frac{\mathbf{j}}{\varepsilon_0}+\frac{\partial\mathbf{E}}{\partial t}.$$

а) – запозичено з [16]

У диференціальній формі рівняння Максвелла набувають вигляду

$$\operatorname{rot}\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t};\quad \operatorname{div}\vec{B}=0;$$

$$\operatorname{rot}\vec{H}=\vec{j}+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t};\quad \operatorname{div}\vec{D}=\rho,$$

б) – запозичено з [20]

Нарешті – стосовно ядерної фізики. Знову ж таки, автор уже торкався деталей механізму поділу ядер Урану [15]. Можуть запитати: скільки можна “теревенити” про одне й те ж? Відповідь: в ідеалі – доки не будуть ліквідовані викривлення істини (нехай і відносної).

Кілька зауважень стосовно розгляду цього підрозділу в підручниках і посібниках останніх років. У цілком якісному в цілому *підручнику* [20] неточність схеми поділу ядра (рис. 6*а*) навіть “викарбовано золотом” на красивій обкладинці книги. В [3] “слова розходяться з ділом”: у тексті говориться про виділення нейтронів *з осколків* поділу початкового ядра Урану, а на рис. 6*б* і рис. 7 зображено вилітання нейтронів з вихідного ядра (при цьому на рис. 7 нейтронів чомусь уже не 3, а 5).

“Народження” нейтронів материнським ядром розглядається і в [4] {ав-

тори розділу “Фізика” цього “Великого довідника” (справді – “товстенного” і, звичайно ж, *рекомендованого Міністерством*), які є учителями фізико-математичного ліцею, уже кілька разів публікували, хоч і в меншому форматі, свої методичні доробки, “виношені” ними; до речі, ці ж автори – прихильники “неокунівської” теорії відносності}.

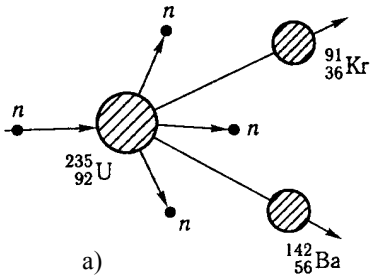


Рис. 6. Схеми поділу ядра Урану у припущенні, що джерелом нейтронів поділу є це ядро: а)– [20], б)– [3].

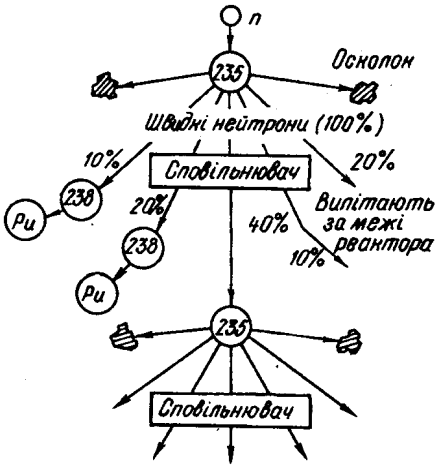


Рис. 7. Архаїчна (початкова) схема ланцюгової реакції, [3].

Цікаво порівняти “творчі фантазії” різних авторів щодо форми осколків поділу ядра Урану (спільним тут є розгляд вилітання нейтронів з вихідного ядра). Є серед запропонованих схем і варіанти цілком схематичного зображення сферичних (як і вихідне ядро) осколків, без “проробки” структурних деталей [20], (рис. 6*а*), і зображення нейтронів і протонів в ядрах кружечками [21] (рис. 8*б*). Але є й такі зображення [3,22] (рис. 6*б*; 7; 8*а*), які не спираються на *краплинну* модель ядра (але ж “осколки” – це теж ядра).

Щоб у слухача (чи читача) не склалось враження щодо “зацикленості” автора на вузькому колі питань, тут пропонується ще декілька зауважень щодо [3] – посібника XXI століття (який має дуже серйозне “адресування” – для майбутніх викладачів фізико-математичних дисциплін). Мета зауважень – цілком конструктивна, автор доповіді не має жодних сумнівів щодо знань авторів (один з яких – відомий фахівець в галузі дидактики) і рецензента (доктора і професора), але чому ж так вийшло в [3]? Може, подібним “зівкам” (звичайно, не тільки у авторів [3]) сприяє атмосфера якоїсь байдужості до фізики останнім часом (властивою не тільки учням і студентам, а й

частині викладачів). Пропонуючи свої зауваження, автор ризикує потрапити "в ситуацію Зіни" з твору В.С. Висоцького (автор потрапляв уже в подібну ситуацію ("Збірник праць" нашої конференції, вип. 2, с. 288). Але все ж таки – "За Державу прикро"!

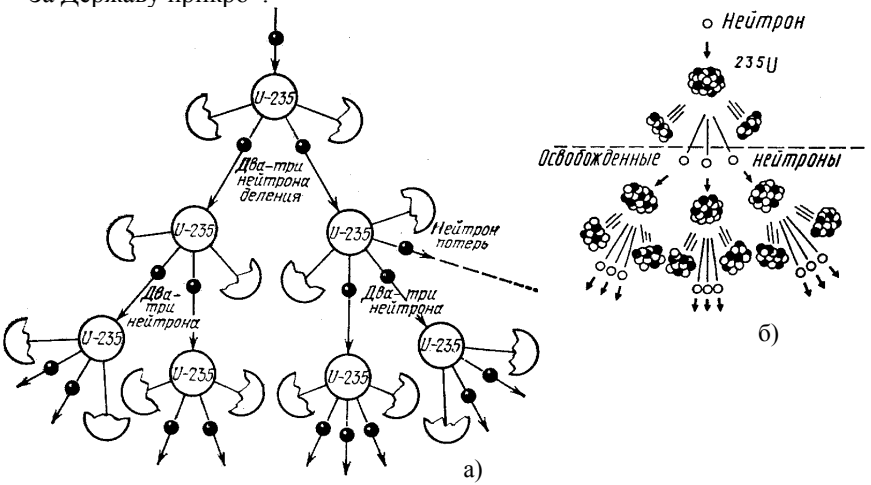


Рис. 8. Архаїчні (початкові) схеми ланцюгової реакції: а) – [22]; б) – [21].

Ще раз підкреслю: зауваження, наведені тут, товариського характеру (стосовно автора – особливо, стосовно рецензента – в меншій мірі, адже, за висловом Крилова, "у чужому оці…").

1. Стор. 8 і стор. 109: поняття *фотон* увів не Ейнштейн у 1905 р., а Гілберт Льюїс у 1929 р.

2. Стор. 8 і стор. 185: Басов і Прохоров "розробили і запровадили в практику" не лазери, а мазери.

3. Стор. 16: "Інтерференцією називають накладання…" (не саме накладання, а його результат).

4. Стор. 12: за сучасним стандартом повний поглинач називають просто чорним тілом (без уточнення "абсолютно").

5. Стор. 107: з *таким* джерелом струму не вдасться зняти ВАХ фотоефекту при $U<0$.

6. Там же: "Фотоефект як самостійне явище вивчив Столєтов" (а Ленард? А Рігі? Столєтову фактично належить лише закон струму насичення).

7. Стор. 146: "*Першу* спробу побудувати теорію атома зробив у 1903 р. Дж. Дж. Томсон". Але ж було кілька спроб і раніше (і Дж. Стонея, і У. Кельвіна).

8. Стор. 147: "Вирішальне значення для теорії будови атома мали досліди Резерфорда в 1913 р. …". Не в 1913 р., а в 1909–1910 рр, і не досліди Резерфорда, а досліди Марсдена і Гейгера в лабораторії Резерфорда.

9. Там же: "У дослідах Резерфорд використав … радіоактивний препа-

рат RaC". Студент може подумати, що це – сполука Радію з Карбоном. Порада: або не конкретизувати препарат, або ж розповісти про еманації Радію (була вона й А, була й С) і писати Радій – С).

10. Стор. 153: постулати Бора підтвердили "досліди Франка і Герца" і стор. 107: фотоефект "відкрив Г. Герц". У першому випадку Герц – "безіменний" колега такого ж "безіменного" Франка, у другому "Г". А хіба історія фізики – не для майбутніх педагогів? Хіба їм не цікаво дізнатися, що і дядько, і небіж мали однаковий ініціал, і якою була доля небожа (лауреата Сталінської премії)?

11. Стор. 186: "…інверсне заселення…рівнів в рожевому рубіні (Al_2O_3)…" Це – поки що був корунд, а не рубін. Там же: опис принципу дії рубінового лазера йде відразу після "Лазери були розроблені … М.Г. Басовим і О.М. Прохоровим", але куди ж "подівся" Теодор Мейман? Далі: співробітника А. Джавана названо Харіоттом, а в біографічному довіднику "Фізики" Ю. Храмова це – *Epplom*.

12. Стор. 215: "Після раптового зниження тиску (у бульбашковій камері) рідина починає кипіти…". В тім то й справа, що рідині самій "не вдається закипіти…".

13. Стор. 253: "Німецькі вчені Л. Мейтнер і О. Фріш…". Але ж вони не *німецькі* вчені (Ю. Храмов першу називає австрійською вченою, а другого – англійським).

14. Стор. 258: мабуть, першу АЕС разом з Курчатовим запускав не І.Д. Блохінцев, а Дмитро Іванович?

Нарешті – 15. Стор. 265 – про запропоновану Басовим ідею лазерного "термояду": "Кулька радіусом … 1 мм, до складу якої входить дейтерій…". У читача можуть виникнути запитання: з чого ж зроблена ця кулька, якщо "до її складу" щось входить? І далі: "Обійшлись без тритію?". (Другою частиною книги [3] автор доповіді ще не поцікавився.)

На завершення доповіді нагадаю категоричні слова О.В. Ходаковського з матеріалів 5-ї конференції стосовно того, що всім відомо, що сучасні курси фізики – це "збірки старої і дуже старої інформації". Сперечатися з автором цих надто узагальнюючих характеристик всього нашого навчального процесу не входить у плани доповідача. Як випливає з тексту даної доповіді, її автор теж ратує (хоча і лояльніше) за осучаснення змісту навчальної інформації (що важливо не тільки студентам та учням, але й викладачам – для підтримання їх авторитету) та за максимальну її достовірність.

Література:

1. Окунь Л.Б. Понятие массы. // Успехи физических наук, т. 158, вып. 3, 1989. – С. 511–530.
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики (т. 3). – К.: Техніка, 1999. – 518 с.
3. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики (кн. 2). – К.: Либідь, 2001. – 422 с.

4. Великий довідник школяра (розділ “Фізика”). – Харків: Школа, 2003.
5. Сусь Б.А., Шут М.І. Особливості руху матерії в інерціальних системах координат // Збірник наукових праць V науково-практичної конференції “Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики”. – Кривий Ріг: НМетАУ, 2005. – С. 323-327.
6. Физическая энциклопедия (т. 3). Глав. ред. Прохоров А.М. – М.: БРЭ, 1992. – 672 с.
7. Грибов Л.А., Прокофьев Н.И. Основы физики. – М.: Гардарика, 1998. – 558 с.
8. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. – М.: Наука, 1988. – 272 с.
9. Окунь Л.Б. αβγ…z (Элементарное введение в физику элементарных частиц). – М.: Наука, 1985. – 110 с.
10. Сусь Б.А., Шут М.І., Коломоєць В.В., Сусь Б.Б. Фотон як особлива частинка двоїстої природи. Збірник наукових праць IV науково-практичної конференції “Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики”. – Кривий Ріг: НМетАУ, 2004. – С. 394-399.
11. Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Фізика (10 кл.). – К.: Ірпінь, 2005. – 290 с.
12. Детлаф А.А., Пинский Б.М. Курс физики. – М.: Высш. шк., 2000. – 718 с.
13. Розенберг Н.М. Фізичні основи електроніки. – К.: Рад. шк., 1970. – 280 с.
14. Крот Ю.Є. Фізика у визначеннях, таблицях і схемах. – Харків: Ранок, 2005. – 112 с.
15. Крот Ю.Є. Деякі маловідомі факти з історії фізики. // Збірник наукових праць IV науково-практичної конференції “Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики”. – Кривий Ріг: НМетАУ, 2004. – С. 221-240.
16. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике (т. 6).– М.: Мир, 1966. – 342 с.
17. Парселл Э. Берклеевский курс физики (т. 2). – М.: Наука, 1975. – 438 с.
18. Иванов Б.Н. Законы физики. – М.: Высш. шк., 1986. – 334 с.
19. Гончаренко С.У. Фізика (11 кл.). – К.: Освіта, 1995. – 286 с.
20. Чолпан П.П. Фізика. – К.: Вища шк., 2003. – 566 с.
21. Кабардин О.Ф. Физика (справочные материалы). – М.: Просвещение, 1988. – 366 с.
22. Жданов Л.С., Жданов Г.Л. Физика. – М.: Наука, 1987. – 512 с.

З ПРИВОДУ НОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ФІЗИКИ – ДОСЯГНЕННЯ І ПРОБЛЕМИ

О.І. Косенко[1], Ж.П. Ольховська[1], К.В. Корсак[2]
[1] м. Київ, Національний аграрний університет України
[2] м. Київ, Інститут вищої освіти АПН України
korsak@iep.uninet.kiev.ua

Якщо проаналізувати еволюцію мети застосування і змісту навчальної літератури різних країн світу в XIX–XX ст., то легко дійти висновку, що тим головним фактором, який визначав всі основні характеристики підручників, була визначена урядами *мета навчання і виховання*, їх вимоги до менталітету і знань випускників. Зміна урядів і диктаторів неодноразово примушувала замінювати більшість книг у школах і ВНЗ іншими.

Специфіка сучасної України в тому, що саме ця проблема лишається великою "білою плямою", адже загальні декларації про "демократизацію", "гуманітаризацію" чи "одуховлення" не ведуть до чіткого формулювання відповіді на засадниче запитання – *яка людина і для якого суспільства має бути продуктом нашої системи освіти?* Нам нав'язують "заморський" менталітет і далекі від європейського гуманізму засади так званої "ринкової свідомості", скерованої на безмежне індивідуальне збагачення, а не на досягнення безпечного життя за якісними цивілізаційними стандартами.

В рамках саме подібної орієнтації зарубіжного впливу на Україну США та інші країни свої гранти витрачають на внесення змін у зміст політологічних, соціологічних, економічних та інших навчальних дисциплін, не підтримуючи природничо-математичну та інженерну освіту. Навіть більше – нас переконують, що "з фізикою й математикою" в Україні "все гаразд і нічого істотно змінювати не треба", активізуючи одночасно різноманітні конкурси і тестування для виділення найбільш здібних наших старшокласників і запрошення їх в університети США, Великобританії та інших держав. Щоправда, Україна в середині 1990-х років отримала значну підтримку від мільярдера Дж. Сороса, але – для книг з гуманітарних наук. Економічна криза і недалекоглядність державної політики наших президентів і урядів завадили оновити підручники не лише з мови та історії у школах, а й з більшості природничих наук.

Важко переоцінити роль хороших підручників у забезпеченні успішної діяльності освітньої системи. Нагадаємо, що ще півстоліття тому фахівці ЮНЕСКО порівняли між собою різні кроки і засоби, які могли б підвищити знання і виробничу компетентність випускників середніх і вищих шкіл будь-якої країни. Вони й розташували всі можливі способи капіталовкладень в систему освіти *за рівнем їх ефективності та впливу на якість* атестатів, дипломів і професійних посвідчень.

Перше місце дісталося такому ансамблю із законодавчих змін і матері-

ального забезпечення, що активізує індивідуальну активність і зацікавленість учнів і викладачів в заключних досягненнях молоді. Наведемо приклад цього: введення обов'язкового іспиту з іноземної мови для всіх вступників у вищі школи Швеції і вимога до абітурієнтів вільно спілкуватися англійською дуже підвищили якість навчального процесу в школах. Навпаки, скасування екзаменів з якогось предмету завжди приводить до занепаду його викладання і майже повного зникнення цікавості учнів до даної науки.

Друге місце, яке за рейтингом мало поступилося першому, експерти ЮНЕСКО віддали створенню нових, сучасних і методично досконалих комплектів навчальної літератури, добре адаптованих до потреб учнів і студентів, забезпеченню їх доступності для всіх. Зауважимо – в СРСР були реалізовані обидва ці заходи (закони, екзамени і книги), а от у незалежній Україні – лише частково, відтак, вони не спромоглися утримати якість освіти на високому європейському рівні.

Наступні місця у "переліку ЮНЕСКО" зайняли капіталовкладення у підвищення професіоналізму вчителя і його можливості виконання своїх обов'язків; значні фінансові і матеріальні витрати на модернізацію шкіл з метою підвищення зручності і валеологічної безпеки праці учнів та зменшення наповненості класів; поширення інформаційно-технічних засобів загальношкільного використання та банків даних. А останнє місце дісталося … тим технічним засобам, які може використати вчитель під час уроку: телебачення, кінопроектори, комп'ютери. Навіть сучасні доволі досконалі прилади все ще не спромоглися істотно вплинути на підвищення якості навчального процесу на нижчих рівнях освіти – немає у світі країн, де б шкільна освіта підвищилася свою якість завдяки комп'ютерам. Тому книги лишаються засобом самонавчання учнів, а вчителя перед класом не може замінити дорога "інтерактивна дошка" чи будь-які інші засоби.

Відтак, підручники нового покоління в Україні мають з'являтися *обов'язково і в якомога більшій кількості*. Важливо подолати зумовлені об'єктивними причинами нерівномірності у дисциплінарному скеруванні книг. Вони полягають у тому, що в перші роки незалежності необхідно було якомога швидше створити і поширити підручники з економіки, менеджменту, соціології, політології, історії України та інших, яких просто не існувало в радянський період. Зрозуміло – вважалося, що забезпечення природничонаукового напрямку освіти є задовільним, оскільки, більшість радянських книг були досить високої якості. Окрім того, перекладалися праці найбільш відомих зарубіжних авторів (з фізики – насамперед Р. Фейнмана), що розширювало інформаційне поле і давало змогу порівнювати точки зору науковців різних країн і різних наукових шкіл. Подібні погляди керівників нашої освіти і науки і стали причиною того, що 1991–2001 рр. відзначені практично повним припиненням створення і видання підручників з загальної і теоретичної фізики для ВНЗ – навчання відбувалося на базі старих книг, більшість з яких були російськомовними. Та не мова була їх головним

недоліком – вони містили переважно стару і дуже стару інформацію, старі погляди і відкриття, які були зроблені приблизно до межі 1970–80-х років.

Саме тому ми з великою надією сподівалися на те, що відновлення процесу створення навчальної літератури з фізики в Україні (а нещодавно вийшло кілька навчальних комплексів у Києві, Львові, Харкові ([2; 3; 5; 7] та ін.) – буде супроводжуватися включенням у програми найновішого, що стосується проривних відкриттів у нанорозділах фізики та в більшості секторів, які вивчають нелінійні процеси.

Та ці сподівання виявилися марними. Для прикладу, сконцентруємося надалі на дидактичному і науковому аналізі дуже великої за обсягом книги Павла Микитовича Воловика "Фізика для університетів. Повний курс в одному томі" [4]. У рубриці "Від видавця" В.Т. Бусел підкреслює, що спільним своїм завданням з автором він вважав створення цілком нового і сучасного курсу загальної фізики для університетів і закладів подібного рівня, який би відзначався: 1) "європейською методологією викладання фізики в університетах"; 2) охопленням змісту "базового курсу фізики для технічних, технологічних та педагогічних університетів; 3) наданням його студентам "в одному томі".

Загалом слід визнати – об'єднання всіх частин курсу загальної фізики в одній-єдиній книзі відбулося цілком успішно: вона прекрасно видана з технічного боку, містить гарні, яскраві й інформаційно насичені новітніми даними рисунки, відзначається дуже досконалим і дидактично довершеним розташуванням матеріалу. Автор постійно використовує колір і фрагментацію для полегшення роботи молоді з книгою. Видавець не обмежував автора об'ємом, а тому книга містить значну кількість вдало підібраних задач, розв'язки яких у необхідних місцях включають деталізовані пояснення, що сприяє успішній роботі студента з підручником.

Поза всяким сумнівом – П.М. Воловик, на відміну від радянських часів, орієнтувався саме на студента, а не на думку про книгу тих чи інших груп експертів і відповідальних осіб, які "дозволяли" рух рукопису по довжелезному ланцюжку кафедра – факультет – нижчі рівні керівництва ВНЗ – вищі особи у ВНЗ – методичні комісії міністерства – "компетентні органи" та ін. Саме ця свобода від надмірного тиску й стала безпосередньою причиною того, що у книзі вміщено дуже багато потрібної молоді інформації саме так, як їй зручно і прийнятно.

Та все ж повної свободи ми не відчули – схоже, П.М. Воловик був змушений працювати лише у межах офіційно визнаних і затверджених Міністерством освіти і науки України програм. У нас немає іншого задовільного пояснення того, чому у нещодавно створеній книзі практично відсутня найновіша інформація, яка обов'язково мала б бути включеною в неї. Йдеться насамперед про всі нелінійні процеси – як механічні, так і оптичні (їх ігнорування збіднило розділ "Оптичні квантові генератори та їх застосування"), а також про розвиток і досягнення фізики у наносвіті.

Це не просто “побажання” з нашого боку – і США, і Японія, і країни Європейського Союзу ще кілька років тому проголосили весь сектор “нанонауки” найпріоритетнішою зоною капіталовкладень і розвитку вищої освіти та фундаментальних досліджень. У недавньому черговому звіті перед Конгресом президент США Дж. Буш-мол. головною “науковою” своєю тезою обрав висвітлення того, що він розуміє сенс понять “нанонауки” і “нанотехнології” та усвідомлює їх значення для соціально-економічного поступу США. Тому він з такою радістю повідомив – уряд знайшов можливість практично подвоїти бюджетні витрати на розвиток нанонаук у наступному фінансовому році. Від себе додамо – приватні фірми витрачають ще більше коштів, щоправда, концентруючи їх переважно в генетичних дослідженнях і створенні на основі нановідкриттів принципово нового покоління ліків та інших засобів захисту здоров’я людей.

Значний поступ у ставленні до нанонаук і нанотехнологій стався в Росії після отримання нобелівських премій одразу кількома російськими науковцями і заміни міністра освіти. Сектор “нано-“ став одним з пріоритетних у російській вищій освіті і отримав значні кошти для підготовки фахівців у багатьох ВНЗ країни [1; 6]. На наш погляд – своєчасні і важливі кроки, досвід яких може придатися і в Україні.

Цей “нано-приклад” слід вважати лише одним з багатьох інших, які ми могли б навести щодо педагогічно довершеної, але надто класичної і “ретрофізичної” книги П.М. Воловика. Можна скільки завгодно часу вивчати, наприклад, вісім розділів Частини І “Фізичні основи механіки”, але не знайти практично нічого нового у порівнянні з книгами 1950-х років чи тими виданнями, які датуються вже 1970-1980-ми роками. Звичайно, матеріал викладений вдало і в тексті не так багато незначних описок і неточностей (на жаль, жодна велика книга у світі не може обійтися без цього), але подібні деталізація і наведення значної кількості інформації, яку студенти мали б засвоїти ще під час вивчення фізики у середній школі, відбирають місце у того матеріалу, яким можна було б доповнити курс загальної фізики, як це у ті ж 1980-ті роки зробили автори з Московського державного університету ім. М.В. Ломоносова.

Орієнтація про офіційні програми з загальної фізики примусила П.М. Воловика в усіх понад 40 розділах акцентувати те і таким чином, що чи перегукується з курсом фізики в загальноосвітній школі, чи стосується “старої фізики” – класичної механіки, теорії ідеального газу, електростатики (можливо, саме тут витрата сторінок на ретроінформацію найбільш прикра), лінійної оптики та ін. Книга перевантажена екскурсами в давню історію, тимчасом, фізика невпинно поповнюється новими досягненнями.

Вказані вище особливості книги П.М. Воловика дають нам змогу рекомендувати її не лише для ВНЗ, а й для спеціалізованих фізико-математичних шкіл і ліцеїв – абсолютна більшість задач за своїм рівнем і дидактичними характеристиками надається саме учням, а не студентам.

Загалом же можна підвести підсумок – цю вдалу і гарно оформлену книгу слід якомога швидше доповнити значно меншою (хоч це необов'язково – обсяг є справою другорядною), *яка б містила виключно нову і найновішу інформацію про досягнення сучасної фізики та їх перетворення в різноманітні високі технології*. На наш погляд, здійснити нове видання підручника П.М. Воловика, яке б містило подібну новітню інформацію, неможливо – необхідно вносити занадто радикальні зміни і переглядати більшу частину її обсягу.

Чи станеться надалі саме так, як ми б хотіли бачити? Чи з'явиться нова книга (нові книги?), автори яких акцентували б саме новітню фізику – нано-, піко- і фемтонауку, нелінійно-синегретичну теорію руху і взаємодії матерії як на великих просторових обширах, так і всередині молекули, атома чи ядра? У часи, коли в містечку Карадаш на півдні Франції розпочата будова прототипу термоядерного реактора, а нанофізики впритул наблизилися до створення гетерогенного фотопровідника, спроможного до перетворення у струм мало не третини енергії потоку сонячного проміння, більше не можна відводити так багато сторінок на той же закон Кулона, який є звичайною математичною ідеалізацією і у *принципі не може бути використаним на практиці* (у природі немає точкових і нерухомих зарядів) чи інші подібні питання, доцільні лише у курсах історії фізики.

Молодь все ж необхідно якось готувати до науково-дослідної і творчо-інженерної діяльності не за 20-30 років, а швидше. Зробити це можливо лише за умови модернізації викладання курсу фізики в школі і заміни більшої частини класичних розділів нанорозділами у курсах фізики, хімії, біології, матеріалознавства та інших наук в університетах і спеціалізованих інститутах. Будемо сподіватися саме на такий варіант розвитку подій в наступні найближчі кілька років.

Література:

1. Алферов Ж., Таиров Ю., Астахов М., Чаплыгин Ю., Горбацевич А. Новое направление подготовки – «нанотехнология» // Высшее образование в России. – 2004. – №6. – С. 82-90.

2. Бланк О.Я., Гречко Л.Г. Фізика: Навч. посіб. для студ. техн. і природознавчих спец. вузів. – Х. : Факт, 2002. – 343 с.

3. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: Навч. посіб. для студ. фіз.-мат. ф-тів вищ. пед. навч. закл.: У 3 кн. – К.: Вища школа, 2002.

4. Воловик П.М. Фізика: Для ун-тів. – К.: Перун, 2005. – 864 с.

5. Лопатинський І.Є., Зачек І.Р., Кравчук І.М., Романишин Б.М., Габа В.М. Курс фізики: Підручник. – Л. : Афіша, 2003. – 376 с.

6. Новые направления подготовки специалистов // Высшее образование сегодня. – 2005. – №8. – С. XVII-XXIV.

7. Посудін Ю.І. Фізика і біофізика навколишнього середовища. – К.: Світ, 2000. – 304 с.

ОСОБЛИВОСТІ І ДІАГНОСТИЧНІ КРИТЕРІЇ ЕНЕРГОВИДІЛЕННЯ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ СИНТЕЗІ НАНОСТРУКТУР

О.І. Денисенко, С.О. Денисенко
м. Дніпропетровськ, Національна металургійна академія України
ADenysenko@mail.ru

Найбільш помітним позитивним явищем останніх років у сфері природничих наук вважається початок так званої "нанореволюції" – виходу фізики, хімії, біології, матеріалознавства та інших ділянок знань на рівень точних маніпуляцій з окремими атомами чи їх групами й формування структур, які хоча б в одній координаті близькі до нанометра (10^{-9} м) [1].

Одним з напрямків практичного впровадження нанотехнологій в освітянський процес є створення цілісних програмно-апаратних проблемно-орієнтованих дослідницьких комплексів подвійного призначення, що могли б використовуватись також і для науково-дослідницької роботи в галузі контрольованого синтезу наноструктур [2].

Відомо, що вуглецеві наноструктури зароджуються в плазмовому стовпі дугового розряду і наростають при русі у вільному просторі, а також формуються конденсацією на підкладках і стінках розрядної камери [3].

Для отримання високоякісних плівок використовують найчастіше механізми епітаксіального росту матеріалу плівки на відповідній підкладці. Висока температура підкладки спричиняє міграцію атомів на поверхні, в результаті якої атоми займають строго визначені положення [4]. Структура вакуумних конденсатів, за інших рівних умов, визначається швидкістю випаровування вихідного матеріалу (температурою випарника) і температурою підкладки в процесі конденсації [5].

Розроблюваний програмно-апаратний комплекс для керування енерговиділенням випарників і нагрівачів при синтезі наноструктур включає набір аналого-цифрових і цифро-аналогових перетворювачів (АЦП і ЦАП), підключених до комп'ютера. Керування енерговиділенням забезпечуючих пристроїв реакційної камери реалізовано регулюванням зміною кута ввімкнення напруги. Регулюючі елементи включені в первинні обмотки силових трансформаторів, на входи яких подається змінна напруга з мережі. Практичне застосування регуляторів для керування температурою утруднено внаслідок виникаючого при даному процесі запізнювання, обумовленого термічною інерційністю нагрівального елементу випарника і істотно нелінійним характером температурних залежностей.

Інтенсивності енерговиділення в таких забезпечуючих пристроях, як нагрівачі підкладок для конденсації, випарників, а також в дуговому розряді є технологічними факторами, що визначають як саму можливість, так і продуктивність процесу синтезу наноструктур. Необхідність забезпечення режиму комп'ютерного контролю, що відстежує енерговиділення в забезпе-

чуючих пристроях, а також можливості порівняння продуктивності синтезу в різних енергетичних умовах, приводить до постановки задачі про введення максимально швидко і порівняно просто обумовленого критерію, що характеризує індивідуальне енерговиділення пристроїв.

Відомо, що метод регресивного аналізу може бути ефективно використаний для моделювання критеріальних характеристик будь-яких багатофакторних технічних систем, якщо зміна значень факторів, що визначають стан системи, відбувається одночасно [6]. Вдається перспективним поширення цього методу індивідуально на кожний з енерговиділяючих пристроїв реакційної камери. Розглянемо його на прикладі нагрівача випаровувача.

У наближенні активного (на відміну від реактивного) характеру електричного опору нагрівача випаровувача енерговиділення в ньому визначається взаємозалежними миттєвими величинами струму і прикладеної напруги.

Інформативними факторами, що визначають інтенсивність енерговиділення в резистивному нагрівачеві, обрані величини прикладеної до нього електричної напруги $U_н$, а також електричної напруги $U_{гн}$ на послідовному з'єднанні термостабілізованого резистора і нагрівача.

Відповідно до методу регресійного аналізу, стан технічної системи характеризується числовим значенням параметра оптимізації Y, що залежить від факторів x_i, i=1, 2, …n, де n – кількість факторів. Безліч можливих станів факторів і їхніх значень визначає безліч станів технічної системи [6].

Критеріальний параметр Y функціонально пов'язаний з факторами x_i, і моделюється рівнянням регресії виду (для двох факторів):

$$Y_{mod}=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_{12}x_1x_2. \quad (1)$$

Коефіцієнти регресії b_0, b_i, b_{ij} визначають із системи рівнянь, виходячи з критерію мінімізації суми квадратів різниць між експериментально встановленими значеннями параметра Y_j і модельним значенням Y_{jmod} у всіх експериментальних точках j=1, 2, 3, ..., N, де N – кількість дослідів.

У розглянутому випадку фактор x_1 – це електрична напруга $U_н$ на нагрівачеві, фактор x_2 – електрична напруга $U_{гн}$ на послідовному з'єднанні термостабілізованого резистора і нагрівача, параметр Y_j – шуканий критерій $K_н$ технологічної ефективності енерговиділення в резистивному нагрівачеві, який визначається у межах області існування функції $K_н(U_н, U_{гн})$ співвідношенням:

$$K_н(U_н, U_{гн})=b_0+b_1U_н+b_2U_{гн}+b_{12}U_нU_{гн}. \quad (2)$$

Коефіцієнти b_0, b_1, b_2 і b_{12} визначалися за результатами попередньо проведеного експериментального градуювання.

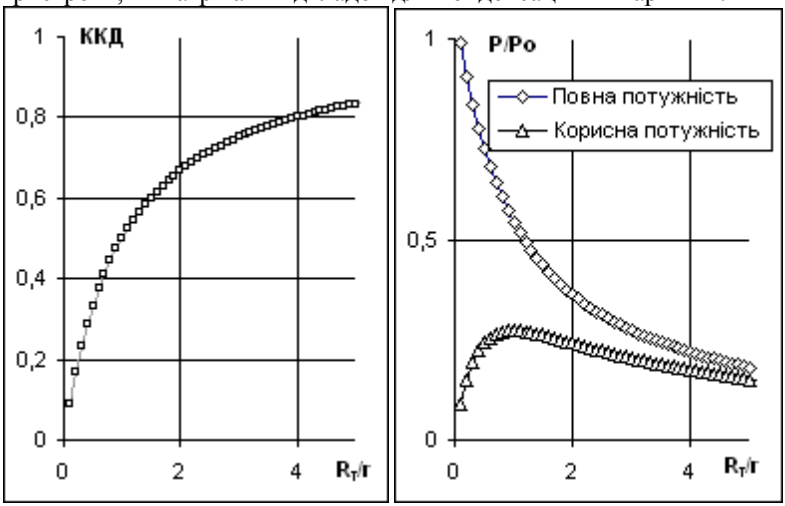
Сигнали електричних напруг нагрівача ($U_н$) і послідовного з'єднання термостабілізованого резистора і нагрівача ($U_{гн}$), що вводяться в керуючий нагрівачем комп'ютер в експериментах і при градуюваннях через погоджувальні і аналого-цифрові перетворювачі, використовувалися для фіксації залежностей від часу як цих величин, так і технологічних характеристик

нагрівача, ними зумовлених.

Функція $K_н(t)$ може бути використана як сигнал зворотного зв'язку для корекції в реальному масштабі часу комп'ютерного сигналу, що керує нагрівачем, з метою забезпечення попередньо заданого змінного в часі режиму енерговиділення цього пристрою у розрядній камері.

Зважаючи на лінійність температурної залежності питомого електричного опору матеріалу нагрівача чи випаровувача, підбором опорних температурних точок при проведенні експериментального градуювання, критерію $K_н$ технологічної ефективності енерговиділення в резистивному нагрівачеві можливо і доцільно надати зміст термодинамічної температури [7]. В цьому випадку функція $K_н(t)$ стає залежністю миттєвої температури нагрівача від часу.

Розглянемо загальні особливості енерговиділення в таких забезпечуючих пристроях, як нагрівачі підкладок для конденсації і випарників.



а *б*

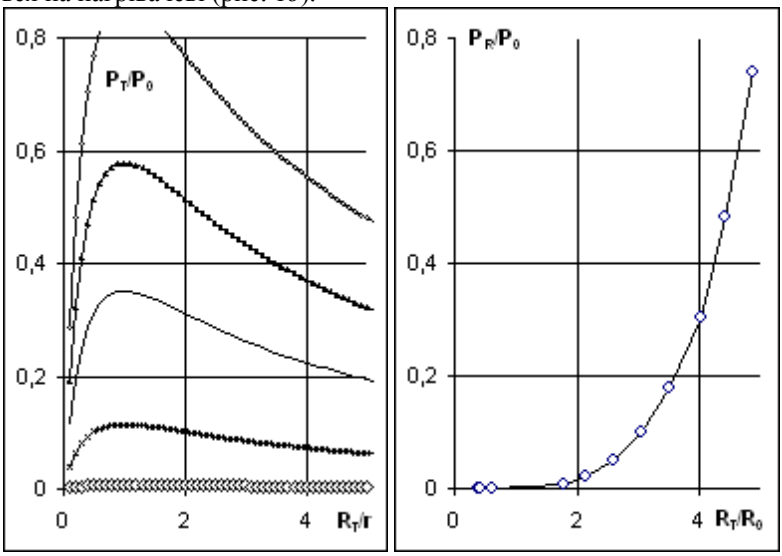
Рис. 1. Залежність ККД (*а*) і характер (*б*) зміни повної і корисної потужностей (в відносних координатах, для певних ЕРС і r) в колі нагрівача від критерію R_T/r.

Виходячи з припущення, що усереднена за період змінного струму величина ЕРС (електрорушійної сили) у вторинній обмотці силового трансформатора, що живить нагрівач, відтворюється і керується сигналом з ЦАП з досить високою точністю, у вже усталених (врівноважених) станах нагрівача вважатимемо її визначальною для всіх його технологічних характеристик. При цьому зміна значення ЕРС призводить після перехідних процесів до нового рівноважного стану нагрівача, що характеризується новим комплексом значень його характеристик. Припустимо також сталість електрич-

ного опору r при змінах значення ЕРС тієї частини кола живлення нагрівача, що істотно не нагрівається.

Вважаючи на залежність усередненого електричного опору R_T нагрівача від його температури, отримуємо нелінійну залежність ККД (коефіцієнта корисної дії) від керованої через ЕРС усталеної теплової потужності P_T, що виділяється на нагрівачі (рис. 1*а*).

Для сталої ЕРС такий характер залежності ККД приводить до існування максимуму в залежності від критерію R_T/r теплової потужності P_T, що виділяється на нагрівачеві (рис. 1*б*).



а *б*

Рис. 2. Тепловий баланс нагрівача: (*а*) – електрична потужність P_T, що виділяється на нагрівачеві (в відносних координатах для різних значень ЕРС) в залежності від критерію R_T/r; (*б*) – приклад розсіюваної поверхнею нагрівача теплової потужності в залежності від критерію R_T/R_0, де R_0 – вихідний електричний опір холодного нагрівача

Враховуючи, що у вакуумі теплова потужність з поверхні нагрівача відводиться переважно випромінюванням (в робочому діапазоні температур) і визначається законом Стефана-Больцмана з урахуванням селективності поглинальної здатності матеріалу [8], в загальному випадку можемо мати дві, одну чи жодної точки балансу між тепловою потужністю P_T, що підводиться до на нагрівача (рис. 2*а*), і тепловою потужністю P_R, що відводиться випромінюванням (рис. 2*б*). У випадку наявності двох точок теплового балансу, сталою з них є та, що відповідає більшому значенню критерію R_T/r. Узгодженням величин R_0 і r можливі керування положенням робочої точки теплового балансу (в координатах теплова потужність – критерій R_T/r) і йо-

го оптимізація.

Література:

1. Косенко О.І. Модернізація курсів фізики у ВНЗ і нанореволюція / Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2005. – Т.2. – С. 173–177.
2. Денисенко О.І., Ковтун В.В. Комп'ютеризація лабораторного практикуму з фізики / Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2003, – Т.2 – С. 84–87.
3. Волков С.В., Касумов М.М., Огенко В.М. Синтез наноструктур вуглецю в дуговому розряді / Доповіді X Міжнародної конференції з фізики і технології тонких плівок (МКФТТП-X), 2005, Україна (www.pu.if.ua/inst/phys_che/Start/conferense/invite.htm)
4. Тижневий В.С., Балабай Р.М. Моделювання росту тонких плівок методом Монте-Карло / Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг, Видавничий відділ НМетАУ, 2005. – Т.2. – С. 342–347.
5. Никируй Р.І, Шкунда Ю.І. Розрахунок параметрів газодинамічного потоку пари при вирощуванні нанокристалів напівпровідникових сполук $A_{II}B_{VI}$ і $A_{IV}B_{VI}$ / Доповіді X Міжнародної конференції з фізики і технології тонких плівок (МКФТТП-X), 2005, Україна (www.pu.if.ua/inst/phys_che/Start/ conferense/42.htm).
6. Яганов П.О., Шварц Ю.М. Регресійний аналіз для калібрування датчиків температури на основі *p–n* переходу / Доповіді X Міжнародної конференції з фізики і технології тонких плівок (МКФТТП-X), 2005, Україна (http://www.pu.if.ua/inst/phys_che/Start/conferense/42.htm).
7. Яганов П.О., Шварц Ю.М. Градуювання сенсорів температури на основі *p–n* переходу / Доповіді X Міжнародної конференції з фізики і технології тонких плівок (МКФТТП-X), 2005, Україна (http://www.pu.if.ua/inst/phys_che/Start/conferense/42.htm).
8. Селективное излучение / Физический словарь (под ред. проф. Белякова П.Н.). В 5-ти томах. – М.: ОНТИ НКТП СССР, 1938. – Т. 4. – С. 823–828.

НАБЛЮДЕНИЕ КОМПЕНСАЦИИ АНИЗОТРОПИИ СВЕРХТОНКИХ И ДИПОЛЬНЫХ ПОЛЕЙ В БЛОХОВСКИХ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦАХ

А.А. Безлепкин, С.П. Кунцевич
г. Харьков, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина
bezlepkiny@bk.ru

В магнитоупорядоченных веществах ЯМР может наблюдаться как на ядрах, расположенных в доменах, так и в доменных границах (ДГ). Из теории внутригранничных спектров следует [1], что в одноосных кристаллах с блоховскими ДГ наличие в ДГ анизотропии локальных частот $\delta\nu$ не означает, что будет наблюдаться линия шириной $\approx\delta\nu$. На фоне широкой линии поглощения могут появиться узкие линии, соответствующие локальным частотам ЯМР ядер на краю ДГ ν_d и в середине ДГ ν_w, которые в свою очередь обусловлены локальными полями H_d и H_w. Для наблюдения пиков необходимо, чтобы локальные ширины линий ЯМР в центре и на краю ДГ были меньше модуля величины анизотропии локальных частот $|\delta\nu|=|\nu_w-\nu_d|$.

Возможность наблюдения ЯМР ядер в различных участках ДГ обусловливает возможность экспериментального изучения структуры ДГ и ее эволюции во внешних магнитных полях в рамках лабораторной работы или лекционной демонстрации.

Величину анизотропии локальных частот в ДГ можно представить в виде [2]:

$$\delta\nu=\delta\nu_{hf}+\delta\nu_{dip}+\delta\nu_m,$$

где $\delta\nu_{hf}$ – анизотропия, обусловленная анизотропией сверхтонких полей; $\delta\nu_{dip}$ – анизотропия, обусловленная анизотропией дипольных полей; $\delta\nu_m$ – анизотропия, обусловленная уменьшением локальной намагниченности в середине ДГ по отношению к ее краю при термическом возбуждении внутригранничных магнонов.

В работе [3] показано, что величина $|\delta\nu_m|$ должна расти с увеличением температуры, а при $T\to0$ $\delta\nu_m=0$. При $T>0$ $\delta\nu_m<0$, поскольку возбуждение внутригранничных магнонов приводит к уменьшению локальной намагниченности и, соответственно, локального поля в середине ДГ по сравнению с краем ДГ.

Поэтому в многоподрешеточном ферримагнетике для кристаллографических позиций магнитоактивных ионов, у которых $\delta\nu>0$ при низких температурах, можно наблюдать уменьшение $\delta\nu$ до нуля при росте температуры за счет вклада $\delta\nu_m$. Условие $\delta\nu=0$ соответствует ситуации, когда анизотропия сверхтонких и дипольных полей компенсируется уменьшением локального поля в середине ДГ за счет возбуждения внутригранничных магнонов.

В данной работе показано, что изучая особенности спектров ЯМР ядер

в ДГ феррита $BaFe_{12}O_{19}$ (BaM) для кристаллографических позиций ионов Fe^{3+}, у которых при низких температурах $\delta\nu>0$, а при росте температуры происходит уменьшение $\delta\nu$, можно изучать экспериментально в рамках лабораторного практикума или лекционной демонстрации влияние внутригранничных магнонов на характер ЯМР-спектров. Кроме того, можно наблюдать эффект полной компенсации анизотропии сверхтонких и дипольных полей за счет уменьшения локальных полей в середине ДГ по сравнению с ее краем за счет внутригранничных магнонов.

В качестве образцов использовались кристаллы BaM, имеющие 95% обогащение изотопом ^{57}Fe. Методика наблюдения стационарных спектров ЯМР ядер в ДГ изложена в работе [4]. На рис. 1 приведены температурные зависимости частот ЯМР ν_d и ν_w ядер подрешетки e, у которых $\nu_w-\nu_d=\delta\nu>0$ при низких температурах.

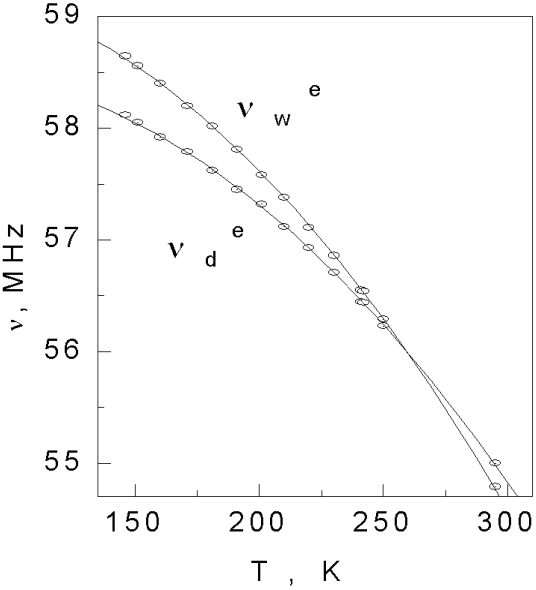


Рис. 1

При T=4,2 К величина $\delta\nu=0{,}86$ МГц. Из рисунка следует, что условие $\nu_w=\nu_d$ ($\delta\nu=0$) выполняется при температуре T=260 К. Экспериментальное устройство, используемое для наблюдения ЯМР, позволяет видеть на экране электронно-лучевого индикатора исчезновение анизотропии локальных частот и, соответственно, локальных полей при проведении лекционной демонстрации.

На рис. 2 показаны участки амплитудно-частотной характеристики. Стрелками показаны пики ЯМР, соответствующие частотам ν_d и ν_w для подрешетки e феррита BaM при различных температурах. Видна эволюция

спектров при переходе через область, соответствующую $\delta\nu=0$ ($\nu_w=\nu_d$). При малой анизотропии локальных частот (Т=265 К) наблюдается существенный рост величины пика сигнала ЯМР, а сам пик имеет вид характерный для сигнала дисперсии.

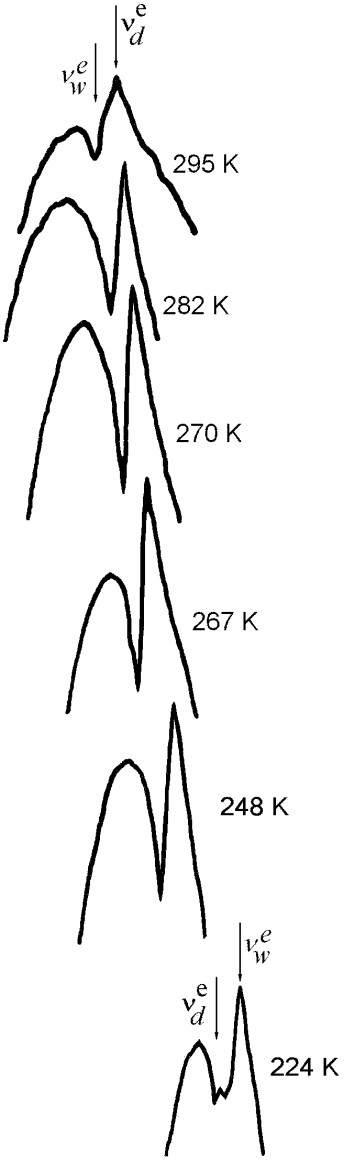


Рис. 2

Резкое возрастание сигналов ЯМР при выполнении условия $\nu_w = \nu_d$ связано со следующими обстоятельствами. В стационарных внутриграничных спектрах ЯМР блоховской ДГ пики ЯМР соответствуют максимальной спектральной плотности резонирующих ядер, то есть, в точках, где $d\nu/dy = 0$, (y – координата в направлении перпендикулярном плоскости ДГ). При исчезновении анизотропии локальных частот $\delta\nu = 0$ резко возрастает число ядер, для которых выполняется условие $d\nu/dy = 0$, что и приводит к значительному росту пика ЯМР.

Литература:

1. Е.А. Туров, А.П. Танкеев, Н.И. Куркин. ФММ, т. 29, 747 (1970)

2. Н.И. Куркин, Е.А. Туров. ЯМР в магнитоупорядоченных веществах и его применение. Наука. Москва (1969)

3. J.M. Winter. Phys. Rev., **124**, 436 (1961)

4. А.А. Безлепкин, С.П. Кунцевич, В.П. Палехин. Демонстрация особенностей ЯМР-спектров в магнитоупорядоченных телах. Збірник наукових праць. Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Т. 2. С. 11-13. Кривий Ріг. Видавн. відділ НацМет АУ, (2002)

К ВОПРОСУ ОБ ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

В.В. Баракин, Р.Б. Лысенко
г. Севастополь, Севастопольский национальный технический университет
ped@sevgtu.sebastopol.ua

На современном этапе развития образования усилилась роль экспериментальных методов исследований физических явлений и процессов при эффективном применении электронно-вычислительной техники для планирования, анализа и обработки результатов исследований. Известно, что с первых дней обучения студенты технических вузов и университетов приступают к выполнению физического практикума по курсу общей физики, где знакомятся с основами измерений, планирования и первичной обработкой экспериментальных данных. В тоже время практика показывает, что вычисления проводятся без учета реальной точности исследуемых физических величин, часто с избыточно большим числом значащих цифр. Между тем, по образному выражению К. Гаусса, «чрезмерная точность расчетов свидетельствует о математической безграмотности». «Нелепые хвосты ненужных цифр» (И.Н. Кавун, профессор Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена) в ряде случаев затрудняют анализ и оценку достоверности проведенных экспериментальных исследований. Положение осложняется еще и потому, что методы приближенных вычислений были изъяты из программ математики для средней школы и только несколько лет назад восстановлены.

При решении задач различной степени сложности и оформлении лабораторных работ часто видим ошибочные записи типа 28,351328±5,871743 см и т.д. В качестве доказательства в таблице 1 приведем пример тестов с выбором правильного ответа по теме «Приближенные вычисления в курсе физики», предназначены для учащихся средних школ.

Таблица 1.

Тесты с выбором ответов «Приближенные вычисления в курсе физики»

Вопросы	*Ответы*
Вопрос 1. Число 1372 округлено до 1400. Найдите относительную погрешность округления.	А. 2,5% Б. 3,0% **В. 2,0%** Г. 2,8%
Вопрос 2. Табличное значение плотности золота равно 19,3 г/см^3. Найдите абсолютную погрешность числа.	**А. 0,05** Б. 0,10 В. 0,15 Г. 0,20

Вопросы	*Ответы*
Вопрос 3. Табличное значение плотности золота равно 19,3 г/см^3. Найдите относительную погрешность числа.	А. 0,20% **Б. 0,26%** В. 2,0% Г. 2,6%
Вопрос 4. Ускорение силы тяжести равно 9,81 м/с^2. Найдите относительную погрешность числа.	А. 0,050% **Б. 0,051%** В. 0,052% Г. 0,053%
Вопрос 5. Плотность воды равна 1,00 г/см^3. Сколько значащих цифр в этом числе?	А. 1 Б. 2 **В. 3** Г. 0
Вопрос 6. Плотность ртути равна 13,60 г/см^3. Сколько значащих цифр в этом числе?	А. 1 Б. 2 В. 3 **Г. 4**
Вопрос 7. Плотность молока равна 1,030 г/см^3. Сколько значащих цифр в этом числе?	А. 1 Б. 2 В. 3 **Г. 4**
Вопрос 8. Запишите в нормальной форме следующее приближенное число 0,001250.	А. $0{,}125\cdot10^{-2}$ Б. $1{,}25\cdot10^{-3}$ **В. $1{,}250\cdot10^{-3}$** Г. $125\cdot10^{-5}$
Вопрос 9. Показатель преломления бензина 1,5014 (±0,0001). Сколько в этом числе верных цифр?	**А. 1** Б. 2 В. 4 Г. 5
Вопрос 10. Показатель преломления бензина 1,5014 (±0,0001). Сколько в этом числе сомнительных цифр?	А. 1 Б. 2 **В. 3** Г. 4
Вопрос 11. Число Фарадея равно $9{,}65\cdot10^4$ Кл/моль имеет абсолютную погрешность $\pm\ 0{,}50\cdot10^2$. Сколько в этом числе верных цифр?	А. 1 Б. 2 **В. 3** Г. 4
Вопрос 12. При рентгеноструктурных исследованиях были рассчитаны период решетки железа и его абсолютная погрешность (2.8625036 ±0,0017208)А. Запишите в ответе грамотно полученный результат ($a\pm\Delta a$) А	

Рассмотрим некоторые рекомендации при записи результатов измерений и расчета погрешностей измерений физических величин.

Определение значащих цифр. Верные и сомнительные цифры. Правило записи приближенного числа (принцип Крылова-Брадиса).

Существуют различные определения значащих цифр [1]. Напомним наиболее простое из них. Значащими цифрами называют все его цифры, кроме левых нулей. Нули, стоящие справа и между цифрами, отличными от нуля, будем считать значащими. Заметим, что нули, стоящие справа в конце десятичной дроби всегда значащие (иначе эти нули просто не писали). Если же нули справа незначащие, то эти нули следует отмечать каким-либо знаком, например, чертой (или волнистой чертой) снизу или сверху нуля. Однако этот способ не получил общепризнанного обозначения.

Наиболее рационально незначащие нули просто не записывать и переходить к записи кратных единиц (10^{-6} м = 1 мкм, 1000 кг = 1 т) или записывать результат вычислений и измерений в нормализованной форме. Например, $12856=1{,}2856\cdot10^{4}$; $0{,}00865=8{,}65\cdot10^{-3}$, $0{,}023876=2{,}3876\cdot10^{-2}$. При такой записи необходимо сохранять число значащих цифр слева и справа от равенства.

Если абсолютная погрешность приближенного числа не превышает половину единицы цифры последнего разряда, то все цифры приближенного числа называют верными (существуют и другие подходы к определению верных чисел). Если в приближенном числе все значащие цифры, кроме последней, были верными, но абсолютная погрешность числа превышает половину единицы цифры последнего разряда, то цифра этого разряда называется сомнительной. По правилу Брадиса-Крылова приближенное число записывают таким образом, чтобы все значащие цифры кроме последней были бы верными и лишь последняя цифра – сомнительной. Все цифры приближенного числа, следующие за верными и одной сомнительной, считаются неверными. Неверные цифры не пишут.

Обычно записывают приближенное число таким образом, чтобы по его написанию можно было судить о степени точности. При записи числа по принципу Брадиса-Крылова можно считать, что абсолютная погрешность записанного числа равна половине единицы цифры последнего разряда. Например, объем моля газа равен 22,4 л. Абсолютная погрешность при этом равна 0,05 л. Работа выхода электрона из меди равна 4,47 эВ. Абсолютная погрешность работы выхода равна 0,005 эВ и т.д.

Число значащих цифр абсолютной погрешности.

Число значащих цифр абсолютной погрешности определяется значением величины относительной погрешности средней квадратичной ошибки, соизмеримой с абсолютной погрешностью, по следующей формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{2(N-1)}} = \frac{100\%}{\sqrt{2(N-1)}}, \qquad (1)$$

где ε – относительная погрешность определения средней квадратичной

ошибки, примерно равной величине абсолютной погрешности; N – число измерений.

Например: при N=20, $\varepsilon = 1/6 \cong 16\%$, т.е. относительная погрешность определения средней квадратичной ошибки (абсолютной погрешности) вычисляется с точностью примерно равной 16%. Таким образом, если в абсолютной погрешности первая значащая цифра равна или больше 6, то в окончательном результате следует записывать одну значащую цифру, а если меньше 6 – то две значащие цифры.

Так, если ΔA=0,6217, то в окончательной форме приводим одну значащую цифру, т.е. ΔA=0,7 (с учетом округления абсолютной погрешности с избытком). Если для этого случая ($\varepsilon = 1/6 \cong 16\%$) ΔA=0,5231, то в окончательном виде приводим уже две значащие цифры, т.е. ΔA=0,53 (также с учетом округления с избытком).

При N=10 погрешность определения абсолютной ошибки, вычисляемая по формуле (1), равна $\varepsilon = 1/4 = 25\%$. Следовательно, в окончательной форме необходимо привести одну значащую цифру, если первая значащая цифра абсолютной погрешности равна или больше 4 и две значащие цифры, если первая значащая цифра меньше 4.

Например, если ΔA=0,627, то абсолютную погрешность записываем с точностью до одной цифры ΔA=0,7. Если ΔA=0,248, то в окончательной записи следует привести две значащие цифры, т.е. ΔA=0,25.

При N=5 погрешность определения абсолютной ошибки, вычисляемая по формуле (1), $\varepsilon = 1/2{,}83 \approx 1/3 \approx 34\%$. Следовательно, в окончательной форме необходимо привести одну значащую цифру, если первая значащая цифра абсолютной погрешности равна или больше 3 и две значащие цифры, если первая значащая цифра меньше 3.

Например, если ΔA=0,528, то абсолютную погрешность записываем с точностью до одной цифры ΔA=0,6. Если ΔA=0,243, то в окончательной записи следует привести две значащие цифры, т.е. ΔA=0,25 (также с учетом округления погрешности с избытком).

Практически при числе измерений $N \leq 15$ погрешность округляют до одной значащей цифры, если она больше или равна двум и сохраняют две значащие цифры в остальных случаях. Такие рекомендации не совсем точны и носят лишь рекомендательный характер. В любом случае видно, что абсолютная погрешность записывается с точностью до одной или двух значащих цифр.

Запись погрешностей и результатов измерений.

При окончательной записи результатов и погрешностей измерений мы рекомендуем следующее правило:

1. Абсолютную и относительную погрешность необходимо записывать с точностью до двух значащих цифр [2] при округлении с избытком.

2. Число значащих цифр при записи среднеарифметического результата измерений определяется разрядом числа абсолютной погрешности его измерения, т.е. при записи среднего значения измеряемой величины $\langle A \rangle$ необходимо указать все цифры вплоть до последнего десятичного разряда, используемого для записи погрешности.

3. Если абсолютная погрешность составляет единицы последней значащей цифры окончательного результата, то последняя цифра в этом результате является сомнительной, но и её надо записывать. Если же погрешность составляет две значащие цифры, то в этом значении последнюю цифру следует округлить с поправкой [3].

Следует, однако, иметь в виду, что правило №3 часто не выполняют.

В таблице 2 приведены примеры окончательной записи результатов измерений.

Таблица 2

Неправильная запись		ε, %
1	13,83721 ± 0,013	0,093
2	353,12 ± 38	10,9
3	2748,32 ± 14,65	0,6
Почти правильная запись		
4	13,837 ± 0,013	0,094
5	353 ± 38	11
6	2748 ± 15	0,55
Правильная запись		
7	13,84 ± 0,013	0,094
8	35<u>0</u> ± 38	11
9	275<u>0</u> ± 15	0,55

В восьмой и девятой строках результат следует записать в нормальной форме записи $(3,5\pm0,38)\cdot10^2$ и $(2,75\pm0,015)\cdot10^3$ (незначащие нули не пишут).

При вычислении результатов по имеющимся измерениям возникает вопрос, сколько знаков нужно сохранять во всех промежуточных расчетах. Практика показывает, что во всех промежуточных расчетах при небольшом числе наблюдений на каждой стадии вычисления число значащих цифр должно быть больше на одну [4] или на две [5], чем их количество в окончательном ответе. В этом случае есть уверенность, что самими вычислениями не вносится заметных ошибок. Если же после вычисления ошибок окажется, что среднее значение измеряемой величины имеет недостаточное число знаков, то все вычисления среднего и его ошибки следует повторить. В этой связи запись в четвертой, пятой и шестой строке таблицы 2 удовлетворяет почти всем требованиям приближенных вычислений, включая и промежу-

точные расчеты (увеличение числа значащих цифр на одну или две), а также принципу Брадиса-Крылова и поэтому мы рекомендуем создать ГОСТ (или ввести официальные рекомендации) именно этой формы записи расчетов. Что касается решения задач, то окончательные расчеты рекомендуем, если это особо не оговорено, проводить с точностью до трех значащих цифр, независимо от точности исходных данных.

Литература:

1. Демкович В.П., Прайсман Н.Я. Приближенные вычисления в школьном курсе физики. – М.: Просвещение, 1967. – 112 с.

2. Практикум по физике для фронтального выполнения с элементами программирования: Учеб. пособие / С.В. Бухман, П.А. Головинский и др.; Под ред. д-ра т.н. А.Л. Гутмана. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1989. – 152 с.

3. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике: Учеб. пособие для медвузов / И.А. Эссаулова и др. Под ред. А.М. Ремизова. – М.: Высшая школа, 1987. – 271 с.

4. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1970. – 104 с.

5. Вознесенский В.Л. Первичная обработка экспериментальных данных. – Л.: Наука, 1969. – 84 с.

ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНІ РУХИ У ЕКСПЕРИМЕНТАХ З МЕХАНІКИ

Б.М. Валійов[1], І.М. Гельфгат[2], В.В. Єгоренков[3], В.Д. Єгоренков[1]
[1] м. Харків, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна
[2] м. Харків, Харківський фізико-математичний ліцей №27
[3] м. Харків, Харківський національний технічний університет «ХПІ»
yegorenkov@univer.kharkov.ua

Вступ

У цій доповіді мова йтиме про прості за постановкою експерименти з механіки, в яких можна спостерігати взаємопов'язані рухи. Їх можна виконати як в демонстраційному експерименті в аудиторії під час лекцій, так і в умовах навчальної лабораторії в лабораторних роботах. Деякі з них можна виконати і самостійно у домашніх умовах.

Нас з дитинства оточує безліч явищ і кожен з нас володіє цілою низкою спостережень, які досвідчений викладач бере на озброєння у своїй повсякденній роботі. Ми спробуємо проілюструвати цю думку на декількох прикладах, які підказані повсякденним досвідом. Дитячі роки одного з нас (Є.В.Д.) пройшли у невеликому провінційному місті, розташованому на пагорбах. З того часу запам'яталося кілька спостережень, які підказали предмет розгляду. Ось перше з них. За водою ходили до криниці і витягали наповнені відра за допомогою довгого мотузка, який тягли руками через блок. Бувало, що мотузок випускали з рук і він збігав блоком униз під вагою відра та власної ваги, причому кінець мотузка злітав угору. Друге спостереження стосується поведінки металевих обручів, які діти котили вулицями. Коли обруч скочувався бруківкою з пагорба, він не котився гладко, а часом підстрибував. Як це звичайно буває, дитячі спостереження не були на той час пояснені, і знайшли своє тлумачення набагато пізніше. У даній доповіді ми спробуємо відтворити ці спостереження у демонстраційних експериментах і побудувати модельні задачі, які б дозволили надати їм якісне, а по можливості і кількісне тлумачення.

На доданок хотілося б наголосити на необхідності забезпечення постійного порівняння результатів спостережень та експериментів із результатами розв'язків відповідних модельних задач і побудові навчання на основі цього порівняння. Серед учнів та студентів поширена думка, що за допомогою математики можна обчислити що завгодно (тобто на неї не можна покладатись у аналізі експериментів), і тут таке постійне порівняння могло б слугувати запорукою накопичення знань, які спираються не на те, що певний матеріал необхідно вивчити, тому що його всі вчать, а на те, що без нього не можна пояснити власні спостереження і побудувати надійну картину світу. Більше того, прості за постановкою експерименти, які самостійно проведені та обчислені, надають додатковий матеріал для міркувань і сприяють розвитку вмінь та навичок самоосвіти, важливість якої неможливо

переоцінити.

Задача про ковзання важкого ланцюга зі столу

Ця задача у різних постановках постійно пропонується на іспитах та олімпіадах. Ми процитуємо її згідно книги [1].

Задача 6. (КПІ, 1990). Ланцюг масою 1 кг і довжиною 1 м звішується зі столу на 20 см. На його кінці прикріплений вантаж малих розмірів масою 1,5 кг. Ланцюг звільняють, і він зісковзує під дією вантажу по гладенькому столу. Знайти швидкість ланцюга в момент, коли він повністю зісковзне зі столу.

Застосування закону збереження енергії приводить нас до формули

$$v = \sqrt{\frac{g\ell}{\ell(m+m_2)}\left[2\ell m_2 + m\left(\ell+\ell_1\right)\right]}\,.$$

Тут введені позначення: m – маса ланцюга, ℓ – довжина ланцюга, ℓ_1 – довжина звисаючої частини ланцюга, m_2 – маса вантажу.

Ця постановка є надто ідеалізованою для того, щоб слугувати моделлю відповідного досліду. Навіть якщо залишити поки що осторонь нехтування тертям, у розв'язку робиться припущення, що увесь ланцюг при ковзанні зі столу рухається вертикально. В дійсності при переході ланцюга зі столу додолу він рухається по кривій лінії і при певній швидкості втрачає контакт зі столом. На рис. 1 зображено кадр із відео кліпу long_chain.mpg із додатку до нашої доповіді, у якому знято поведінку ланцюжка із 40 кольорових скріпок, частина з яких ще розташована горизонтально. У експерименті ланцюжок рухається по листу звичайного скла, до краю якого за допомогою двох смужок скотчу прикріплено скляну трубку діаметром 8 мм. Видно, що декілька скріпок утворюють дугу, яка вже втратила контакт зі столом. Зображення розмите внаслідок великої швидкості руху ланцюжка.

У роботі одного з авторів цієї доповіді (І.М.Г.) [2] розглянуто модель ковзання ланцюжка без додаткового вантажу, але з урахуванням втрати контакту (тертям також нехтується). Із розгляду випливає, що втрата контакту відбувається, коли довжина частини, що висить, складає половину довжини ланцюга.

Таким чином, необхідно розглянути задачу про ковзання важкого ланцюжка зі столу, у якій були би враховані тертя і втрата контакту, щоб потім порівняти результати обчислень зі спостереженнями.

1) Урахування тертя можна провести, наприклад, скориставшись розв'язком задачі про ланцюжок, який ковзає зі столу, вміщеним у книзі [3].

Нехай ланцюжок має довжину ℓ, масу m і звисає зі столу на довжину x. Ланцюжок витягнутий у пряму лінію, перпендикулярну до краю стола. Коли довжина частини ланцюжка, яка звисає, складає x_1 всієї довжини, він починає ковзати зі столу вниз. Вважаючи ланцюжок однорідним по довжині, знайти: а) коефіцієнт тертя k між ланцюжком та столом; б) залежність від часу переміщення ланцюжка та його швидкості, а також залежність між ни-

ми.

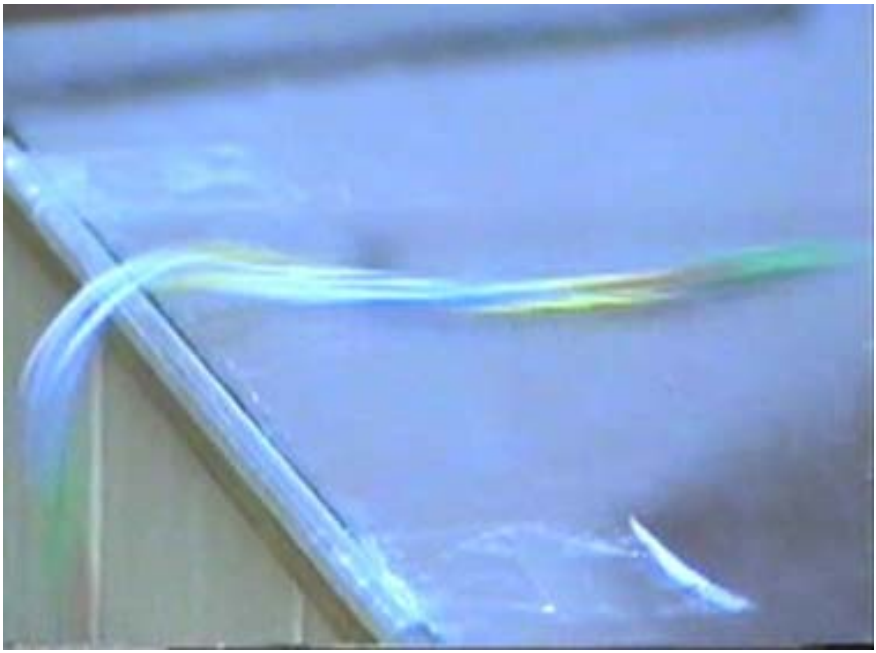


Рис. 1

а) Ланцюжок починає ковзати за умови, що сила тяжіння, яка діє на частину, що звисає, переважає силу тертя, яка діє на частину ланцюжка, що лежить на столі. Умова нестійкої рівноваги має вигляд

$$km g\ell(1-\xi_1)=mg\xi_1.$$

Тут введено позначення $\xi_1=x_1/\ell$. Звідси для коефіцієнту тертя маємо наступний вираз

$$k=\frac{\xi_1}{1-\xi_1}.$$

б) Якщо на початку руху довжина частини ланцюжка, яка звисає, складає x_0, то подальший рух описується наступним диференційним рівнянням

$$\frac{d^2\xi}{dt^2}-s^2\xi=-\alpha^2 k\ .$$

Тут уведені позначення: $\xi=x/\ell$, $\alpha^2=g/\ell$, $s^2=\alpha^2(1+k)$.

Будемо вважати, що в початковий момент часу $t=0$ кінець ланцюга звисав на довжину $x_0>x_1$, а швидкість ланцюга дорівнювала нулю. У наших позначеннях це буде $\xi(0)=\xi_0>\xi_1$, $\frac{d\xi}{dt}(0)=0$. Розв'язок рівняння має наступний вигляд:

$$\xi(t)=\left(\xi_0-\frac{k}{1+k}\right)\mathrm{ch}(st)+\frac{k}{1+k}.$$

Ця формула узагальнює результат розв'язку задачі про ланцюжок, який зісковзує зі столу, вміщений у книзі [4] на випадок наявності тертя. Швидкість ланцюга визначається формулою

$$\frac{d\xi}{dt}=s\left(\xi_0-\frac{k}{1+k}\right)\mathrm{sh}(st).$$

Для знаходження зв'язку між швидкістю та переміщенням виключимо час. Для цього перенесемо у виразі для переміщення постійний додаток у ліву частину, а обидві частини виразу для швидкості розділимо на s. Після цього піднесемо обидва вирази до квадрату і побудуємо їх різницю. Скориставшись тотожністю для гіперболічних функцій, знайдемо, що

$$\left(\xi-\frac{k}{1+k}\right)^2-\frac{1}{s^2}\left(\frac{d\xi}{dt}\right)^2=\left(\xi_0-\frac{k}{1+k}\right)^2.$$

Таким чином, для квадрату швидкості отримаємо наступну формулу

$$\left(\frac{d\xi}{dt}\right)^2=s^2\left[\left(\xi-\frac{k}{1+k}\right)^2-\left(\xi_0-\frac{k}{1+k}\right)^2\right].$$

Цей результат співпадає із результатом відповідної задачі книги [5].

2) Урахування умов втрати контакту при наявності тертя проведемо за схемою, яку можна знайти у роботах [2; 6], причому ми не враховуватимемо тертя між ланцюжком та скляною трубкою на краю столу.

Розглянемо малу частину ланцюжка довжини $\Delta\ell$ та маси $\Delta m=m\Delta\ell/\ell$, яка у даний момент огинає край столу (рис. 2). Край столу у нашому випадку є циліндричною поверхнею із радіусом $R<<\ell$. На виділену ділянку з двох боків діють натяги $\vec{T}$, які ми вважаємо однаковими, та реакція столу $\Delta\vec{N}$.

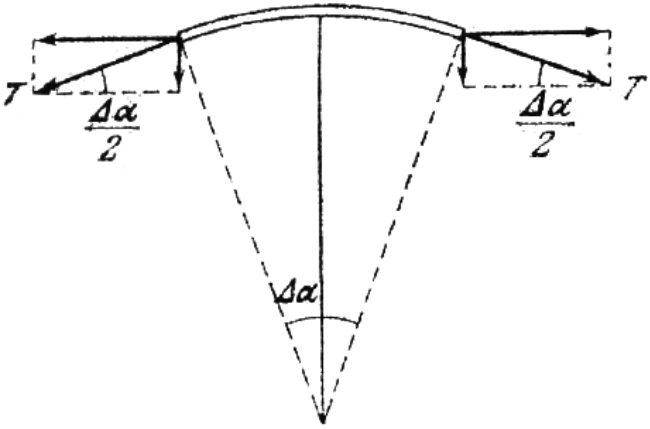


Рис. 2.

Запишемо рівняння другого закону Ньютона у проекціях на радіальний напрямок від центру кривизни:

$$-\frac{m}{\ell}\Delta\ell\frac{v^2}{R}=-T\Delta\alpha+\Delta N,$$

або

$$\Delta N=T\Delta\alpha-\frac{m}{\ell}R\Delta\alpha\frac{v^2}{R}.$$

При урахуванні тертя для натягу маємо формулу

$$T=mg(1-\xi)\xi(1+k).$$

Якщо підставити у формулу для реакції столу вирази для натягу та квадрата швидкості, то будемо мати

$$\Delta N=mg\Delta\alpha\left\{(1+k)(1-\xi)\xi-(1+k)\left[\left(\xi-\frac{k}{1+k}\right)^2-\left(\xi_0-\frac{k}{1+k}\right)^2\right]\right\}.$$

Втрата контакту означає звертання на нуль виразу у фігурних дужках, яке відбувається при довжині звисання

$$\xi=\frac{\frac{2k}{1+k}+1}{4}+\sqrt{\left(\frac{\frac{2k}{1+k}+1}{4}\right)^2-\frac{\left(\frac{2k}{1+k}-\xi_0\right)\xi_0}{2}}.$$

З цієї формули випливає, що втрата контакту відбувається при будь-якому коефіцієнті тертя, причому довжина звисаючої частини ланцюжка при втраті контакту залежить від початкової довжини та коефіцієнту тертя. У випадку дуже малого коефіцієнту дана формула дає результат, який наближається до результату роботи ($\xi=1/2$) при дуже малому початковому звисанні [2]. Для нашого експерименту, у якому довжина ланцюжка складала 40 кольорових скріпок, а $x_1=12$ скріпок, коефіцієнт тертя складав приблизно 0,43, початкове звисання дорівнювало 13 скріпкам, маємо для довжини звисаючої частини, при якій відбувається втрата контакту, значення $x\approx29$.

Виникає природне питання про подальший рух ланцюжка після втрати контакту зі столом. Цей складний рух можна спостерігати у відео кліпі short_chain.mpg, який є у додатку до нашої доповіді. Тут ми вкоротили ланцюжок удвічі та збільшили удвічі висоту падіння. Крім того, ми зробили голову ланцюга червоною, а хвіст – зеленим. Хвіст ланцюжка приймає участь як у русі додолу, так і у русі у напрямку попереднього ковзання, причому при підходящих умовах він може наздогнати голову, в той час як середня частина ланцюга рухається позаду, так що форма ланцюжка незадовго перед падінням на підлогу нагадує підкову з кінцями попереду (рис. 3). У кліпі можна побачити, що зелений хвіст наздоганяє червону голову ланцюжка і опиняється на білому простирадлі на підлозі майже одночасно з нею.

Рис. 3

Задача про рух тіла з похилої площини

Для пояснення поведінки обручів, які скочуються з пагорба і підскакують при цьому, звернемо увагу на імпульс, який накопичує тіло, що рухається з пагорба униз. Скористаємося спочатку задачею №185, розглянутою у збірнику [6] на стор. 233. Ось її умова: Невелике тіло починає ковзати без початкової швидкості з похилої площини висотою H (рис. 4).

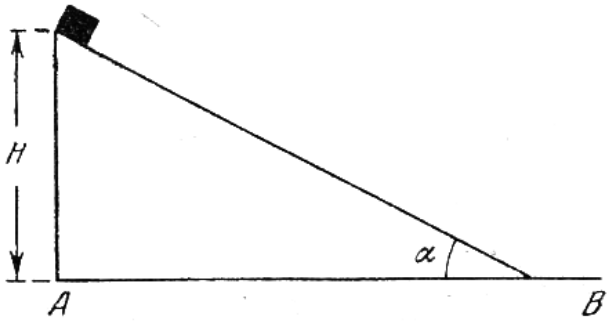


Рис. 4

У момент контакту тіла із горизонтальною площиною вертикальна та горизонтальна складові швидкості тіла будуть мати наступні значення: $v_{vertical} = \sqrt{2gH}\sin\alpha$, та $v_{horizontal} = \sqrt{2gH}\cos\alpha$. У випадку абсолютно пружного

удару вертикальна складова змінить свій знак, а горизонтальна складова залишиться без змін. Траєкторія тіла буде представляти собою відрізки парабол (рис. 5), причому $h=H\sin^2\alpha$, а $\ell=2H\sin 2\alpha$.

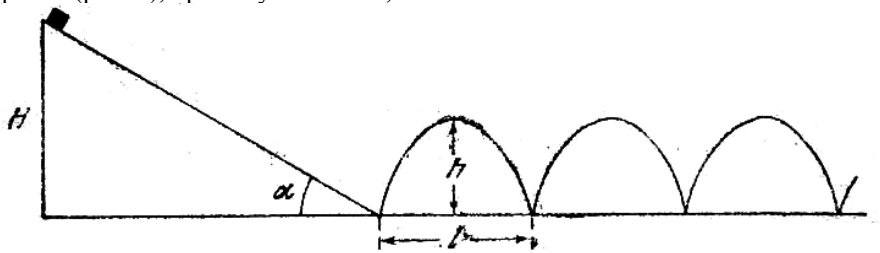


Рис. 5.

Таким чином, якісно ми маємо пояснення походження підскакувань, але для кількісного опису модельну задачу треба уточнити, враховуючи те, що обруч не ковзає, а скочується. Така уточнена задача розглянута у збірнику [7]. Будемо вважати радіус обруча малим порівняно з висотою похилої площини. Внаслідок того, що при перетворенні потенціальної енергії обруча на кінетичну (у відсутності ковзання) половина йде на обертання навколо центру тяжіння обруча і половина на поступальний рух центру тяжіння, горизонтальна та вертикальна складові швидкості центру тяжіння обруча мають тепер наступний вид: $v_{vertical}=\sqrt{gH}\sin\alpha$ та $v_{horizontal}=\sqrt{gH}\cos\alpha$. Так само при пружному ударі вертикальна складова швидкості центру мас обруча змінить свій знак, але висота підйому центру мас обруча тепер складе $h=\frac{H}{2}\sin^2\alpha$. Траєкторія руху центру мас також буде параболічна, але $\ell=H\sin 2\alpha$.

Рис. 6*а*

Рис. 6*б*

Рис. 6*в*

Для забезпечення достатньої пружності удару ми скористались у якості обруча сталевою втулкою, а горизонтальною поверхнею слугувала масивна сталева плита. На рис. 6*а*, *б*, *в* із відео кліпу roll.mpg у додатку зображено три послідовні фази руху втулки після першого зіткнення із плитою і досягнення максимальної висоти підйому. У якості реперів зручно узяти світлу вертикальну лінію стику двох листів скла, які є частинами аудиторної дошки позаду столу, на якому розташовано похилу площину та сталеві плити та горизонтальну поверхню плит. Не зважаючи на нерізкість, обумовлену великою швидкістю руху, видно, що висота втулки над поверхнею плити поступово зменшується, а переміщення паралельно поверхні стола поступово збільшується, тобто втулка наближається до другого місця зіткнення із плитою.

Задача про падіння важеля

Ми вже раніше зверталися до опису поведінки падіння важеля з одним закріпленим кінцем [8]. Оскільки цей матеріал не є досяжним для всіх зацікавлених, наведемо його тут. Опишемо експеримент, який наочно демонструє наявність центру удару [9] та його місце розташування.

До штативу одним кінцем прикріплено на шарнірі дерев'яну планку довжиною близько одного метра, другий кінець якої утримується спочатку так, щоб планка була розташована горизонтально. На планку зверху вміщується низка монет у 5 копійок у кількості не менше 10 штук. Монети освітлюються за допомогою горизонтального пучка світла так, щоб глядачі бачили ланцюжок блискучих торців монет. Верхня поверхня планки повинна бути пошерхлою, щоб монети не ковзали вздовж неї у процесі її падіння. Поверхня столу під планкою вкривається тканиною у кілька шарів для зручності збирання монет. Якщо тепер відпустити кінець планки, то вона почне падати, обертаючись навколо осі шарніру.

Зараз ми можемо надати відео кліп, який дозволяє прослідкувати характер руху монет у 5 копійок, які на початку лежали на поверхні горизонтально розташованої планки. Якщо опору справа прибрати, то планка починає падати, причому стрілка показує місце на планці, яке падає з прискоренням g. На рис. 7*а*, *б*, *в* показано вихідну фазу та дві послідовні фази падіння планки та монет, узяті із відео кліпу coins.mpg, який міститься у додатку до нашої доповіді.

Рис. 7*а*

Рис. 7*б*

Рис. 7*в*

Завдяки лупі часу можна було спостерігати окремі фази швидкого процесу падіння. Спостереження показали, що ланцюжок монет, який спочатку утворював пряму лінію, не залишився прямим, а на ньому з'явився згин на відстані від осі шарніру, яка складала близько 2/3 довжини планки у випадку, коли ширина та товщина планки були однакові вздовж усієї її довжини. Монети, розташовані між згином та шарніром, залишались на поверхні планки та опускались разом з нею. Решта монет спостерігались над планкою у вільному падінні.

Прямий ланцюжок монет, які лежали у початковий момент на поверхні планки, утворює криву лінію у процесі падіння планки тому, що різні точки планки мають різне лінійне прискорення, причому на планці є точки, лінійне прискорення яких перевищує прискорення вільного падіння. Саме завдяки цьому частина монет не залишається на поверхні планки, а втрачає з нею контакт та знаходиться у вільному падінні.

Для того, щоб переконатись у цьому, виконаємо оціночний розрахунок у припущенні, що планка однорідна по всій довжині. Тоді кутове прискорення планки, яка обертається навколо осі шарніру під дією сили тяжіння, визначиться формулою

$$\frac{d\omega}{dt}=\frac{3g}{2\ell}.$$

Тут ℓ – довжина планки. Тоді лінійне прискорення точки планки, яка знаходиться на відстані x від осі шарніру буде виражатися формулою

$$a(x)=\frac{3}{2}g\frac{x}{\ell}.$$

Таким чином, лінійне прискорення точок планки лінійно залежить від їх віддалення від осі обертання і дорівнює g на відстані $x=(2/3)\ell$ (центр удару), і досягає максимального значення $(3/2)g$ на кінці планки, що і пояснює спостережуваний згин ланцюжка монет у процесі падіння.

На рис. 7*б* можна також бачити, що частина монет з лівого краю знаходиться дещо далі від поверхні планки порівняно із монетами правіше. Це обумовлено тим, що на початку у планки був невеликий прогин (рис. 7*а*), і після старту планка у процесі вирівнювання трохи підкинула монети, причому максимальний ефект спостерігається десь посередині планки.

Література:

1. Корсак К.В. Фізика. Письмовий екзамен. Видання друге, стереотипне. – К.: Либідь, 1993. – С. 130-131.

2. Гельфгат И.М. Квант. – 1993. – №1. – С. 55-56.

3. Савельев И.В. Курс физики. Т.1. – М.: Наука, 1989. – С. 55.

4. Зоммерфельд А. Механика. – М.: Гос. изд-во иностр. лит., 1947. – С. 352.

5. Сборник задач по общему курсу физики в трех частях. Под ред. В.А. Овчинкина. Часть первая. Механика. Термодинамика и молекулярная

физика. Издание 2-е, исправленное и дополненное. – М.: Изд-во МФТИ, 2002. – С. 308.

6. Буховцев Б.Б., Кривченков В.Д., Мякишев Г.Я., Шальнов В.П. Сборник задач по элементарной физике. – М.: Наука, 1964. – С. 240.

7. Баканина А.П., Белонучкин В.Е., Козел С.М., Колачевский Н.Н., Косоуров Г.И., Мазанько И.П. Сборник задач по физике. Издание 2-е, переработанное. – М.: Наука, 1970.

8. Валиев Б.М., Егоренков В.Д. Физические явления в твердых телах // Материалы 6-й международной конференции (28-29 октября 2003 г.). Под ред. проф. В.В. Ульянова. – Харьков: ХНУ, 2003. – С. 107.

9. Валійов Б.М., Волкодав В.С., Єгоренков В.Д. Вільні осі та центр удару // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Збірник наукових праць. – Т. 2. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2001. – С. 48-52.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛЮМІНЕСЦЕНТНОЇ ЛАМПИ

Б.М. Валійов[1], В.В. Єгоренков[2], В.Д. Єгоренков[1]
[1] м. Харків, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
[2] м. Харків, Харківський національний технічний університет «ХПІ»

1. Вступ

У статті йдеться про можливості використання люмінесцентних ламп для навчання фізиці як у лекційних демонстраційних експериментах, так і у лабораторних роботах. Найбільш розповсюдженим різновидом є ртутна люмінесцентна лампа [1]. Вона складається (рис. 1) із скляної трубки (1), на внутрішню поверхню якої нанесено шар люмінофору. У торці трубки уведені вольфрамові спіральні електроди (2). У лампу уведено краплю ртуті та деяку кількість інертного газу (аргон, неон та ін.). Тиск ртутної пари у люмінесцентній лампі залежить від температури стінок лампи і складає при нормальній робочій температурі 40°С приблизно 0,13–1,3 Н/м^2 (10^{-2}–10^{-3} мм рт. ст.). Такий низький тиск забезпечує інтенсивне випромінювання розряду в ультрафіолетовій частині спектру (переважно з довжиною хвилі 184, 9 та 253,7 нм), яке і збуджує світіння люмінофорного шару ламп. Решта позначень: 3 – цоколь, 4 – стрижень, 5 – ізолююча прокладка. Низький потенціал збудження ртуті (4,9 В) уможливлює широке використання цього поширеного і дешевого приладу як для дослідження умов запалювання електричного розряду у газі, так і для візуалізації електромагнітних полів у різноманітних експериментах з електрики, причому багато з експериментів можна виконувати із лампами, які вийшли з ладу і вже непридатні для освітлення приміщень, що робить їх застосування ще дешевшим.

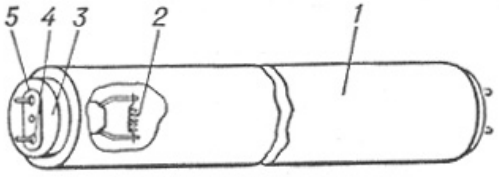


Рис. 1

Далі будуть висвітлені застосування лампи у дослідах з електрики, таких як візуалізація зарядів на натертій діелектричній пластині та збудження світіння внаслідок відносного руху зарядженої пластини та лампи, використання лампи спільно з електрофорною машиною, плазмовою кулею та п'єзоелектричним елементом, а також демонстрація електромагнітних стоячих хвиль на лінії Лехера та запалювання розряду шляхом прикладання невеликої напруги до вольфрамової нитки.

2. Візуалізація зарядів на натертій діелектричній пластині та збудження світіння внаслідок відносного руху зарядженої пластини та лампи

Досить поширеним демонстраційним дослідом є візуалізація наявності зарядів на поверхні натертої діелектричної пластини (органічне скло, полістирол) наступним способом. Для цього звичайно беруть невелику неонову лампочку, і торкаючись пальцем одного електрода лампочки, водять другим електродом по наелектризованій поверхні пластини (краще видно, коли у аудиторії темно). Те ж саме можна робити також з люмінесцентною лампою. Але у випадку люмінесцентної лампи є інша можливість візуалізації електричного поля пластини. Ми наелектризовуємо діелектричну пластину, повільно підносимо її до лампи (без ніякого гальванічного контакту з електродами лампи) і різко віддаляємо пластину від лампи. У лампі збуджується світіння, яке досить добре спостерігається у суцільній темряві, причому світіння супроводжує пластину, якщо її рухати вздовж лампи на невеликій відстані від неї.

3. Використання лампи спільно з електрофорною машиною

Вельми повчальним є використання люмінесцентної лампи із електрофорною машиною.

Рис. 2.

На рис. 2 показано положення люмінесцентної лампи відносно полюсів електрофорної машини, а на рис. 3 – вид розряду у темряві.

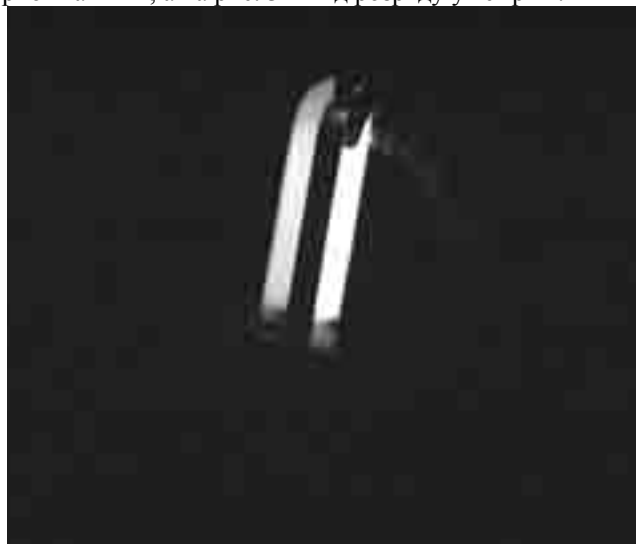


Рис. 3

4. Використання люмінесцентної лампи та неонової лампи спільно із плазмовою кулею

Рис. 4

Плазмова куля представляє собою самостійний газорозрядний прилад, який складається із джерела живлення, яке виробляє високочастотний високовольтний сигнал, та посудини, яка містить газ при низькому тиску (аргон, неон, ксенон та інші гази). Коли цей прилад підключено до мережі живлення, то він буде оточений швидкозмінним електричним полем, здатним безконтактно запалювати розряд у посудинах, які містять гази при низькому тиску. Звичайно, легко запалюється розряд у люмінесцентній лампі без додаткового її живлення (рис. 4). Поширені неонові лампочки також яскраво світяться навіть при денному світлі, що ми бачимо на наступному рис. 5.

Рис. 5

Що вже казати про закордонні люмінесцентні лампи, які так яскраво світяться поблизу плазмової кулі, що це видно без спеціального затемнення (рис. 6).

Рис. 6

5. Використання лампи спільно із п'єзоелектричним елементом

Дешева газова запальничка, у якій закінчився газ, та, що містить у собі досить потужний п'єзоелемент (рис. 7), який продукує іскру для запалювання газу, може ще стати у пригоді на уроці фізики. Якщо витягти із запальнички п'єзоелемент, то ним можна також запалити розряд у люмінесцентній лампі. Для цього треба, наприклад, піднести провідник (червоного кольору на рис. 7) до одного з електродів лампи і натиснути на кнопку.

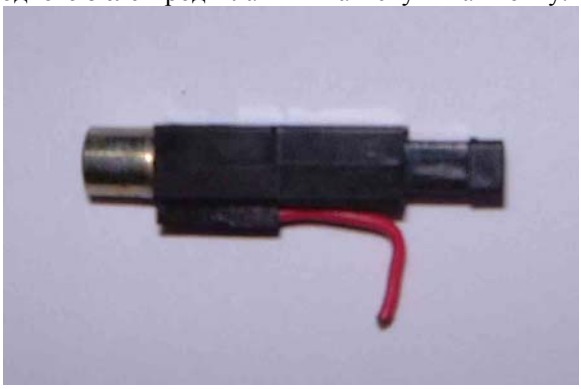


Рис. 7

6. Демонстрація стоячих електромагнітних хвиль за допомогою лінії Лехера та люмінесцентної лампи

Лінія Лехера (рис. 8) представляє собою генератор високочастотного сигналу та довгу лінію, яка складається із двох металевих стрижнів на діелектричних опорах. У поширеному варіанті цієї установки вузли і пучності електричного поля показували за допомогою маленької неонової лампочки, яка давала локальну картину розподілу поля. Спостереження електромагнітних стоячих хвиль на ній можна значно поліпшити, якщо покласти люмінесцентну лампу безпосередньо на металеві стрижні. Тоді швидкозмінне електричне поле спричинить у трубці люмінесцентної лампи яскраве світіння там, де воно матиме пучності, тоді як у вузлах буде темно, і спостерігач побачить одразу усю картину розподілу.

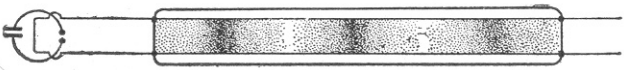


Рис. 8

7. Запалювання розряду шляхом прикладання невеликої напруги до вольфрамової нитки

На рис. 9 зображено експеримент з люмінесцентною лампою, одна з вольфрамових спіралей якої живиться змінною напругою. При збільшенні напруги спочатку спіраль нагрівається і світить крізь люмінофор червоним світлом, а потім запалюється розряд у ртуті і люмінофор яскраво спалахує білим світлом. На рис. 10 зображено експеримент, у якому вольфрамова спіраль також живиться змінною напругою, але меншої величини, ніж на рис. 9, так що спіраль розжарена, але розряд не запалюється. Його можна запалити, якщо швидко піднести до лампи наелектризовану діелектричну пластину.

Рис. 9

Рис. 10

Література:

1. Большая Советская Энциклопедия. Т.15. Третье издание. – М.: Советская Энциклопедия, 1974. – С. 339.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ НА ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ В СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ПО ФИЗИКЕ

И.Д. Романенко, Н.В. Наумчук
г. Донецк, Донецкий государственный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского
physics@kaf.donduet.edu.ua

Качество подготовки выпускаемых вузом инженеров, научный уровень дипломных проектов в значительной мере зависят от того, в какой степени они овладели и могут пользоваться физическими методами исследования и способами обработки и анализа полученных экспериментальных данных.

Научно-техническая революция в своем развитии опирается на использование достижений науки, поэтому роль точных наук, и в особенности физики, непрерывно возрастает. Достаточно сказать, что в основе современных средств и методов автоматики, контроля и регулирования лежат принципы и эффекты, установленные и изучаемые физикой.

Физика получает мощный импульс в своем развитии в эпоху технического прогресса. Это обязывает современного инженера, технолога непрерывно следить за успехами физической науки и пополнять свои знания в этой области.

При изучении курса физики студенты получают знания, которые должны находить практическое применение на всех этапах учебного процесса, в том числе при курсовом и дипломном проектировании, а также при выполнении научно-исследовательских работ. Сегодня назрела необходимость непрерывной подготовки студентов по физике, предусматривающая запросы общеинженерных и специальных кафедр. В основу плана непрерывной подготовки необходимо заложить принцип наращивания и углубления знаний студентов за весь период обучения в вузе. Важное место в плане непрерывной подготовки следует отвести введению по отдельным проблемам физики факультативных курсов, представляющих интерес для специальных кафедр.

Кафедра физики должна участвовать в консультациях и руководстве курсовыми и дипломными работами по ряду вопросов, например, измерения физических параметров, моделирования технологических процессов и т.п.

Изучение проблем физики и физических основ специальных дисциплин должно проводиться в течение всего периода обучения студентов. Это позволит укрепить и расширить общеинженерные знания и станет основой для эффективной работы как в вузе, так и после его окончания на производстве. Современные методы физики, контрольно-измерительная аппаратура и автоматика, использующие физические явления, непрерывно совершенству-

ются, и повышение уровня преподавания специальных дисциплин существенно зависит от полноты отражения этих методов и применения их на практике. Помощь и участие кафедры физики в этом деле в содружестве со спецкафедрами, несомненно, принесет большую пользу. В плане непрерывной подготовки студентов по физике решение этого вопроса предусматривает:

1) консультации преподавателей спецкафедр;
2) проведение межкафедральных семинаров;
3) уточнение программ и методических документов по спецдисциплинам;
4) стажировка преподавателей и аспирантов спецкафедр на кафедре физики.

Важное значение имеет изучение физики и для студентов экономических специальностей. Используя методы эконофизики, удается делать долгосрочные экономические прогнозы, устанавливать связи между планами и прогнозами, предвидеть тенденции социального прогресса. Поэтому роль физики в развитии цивилизации и научных основ экономических прогнозов достаточно велика. Экономисту в наше время знание физики нужно не меньше, чем инженеру любой другой специальности.

План непрерывного изучения физики студентами всех курсов должен предусматривать глубокую подготовку специалистов, хорошо владеющих основами наук. Важно, чтобы в курсовых и дипломных проектах, выполнение которых можно связать с решением конкретной физической задачи, шире рассматривались физические процессы, использовались физические методы контроля технологических процессов и качества готовой продукции.

План непрерывного изучения студентами физики не является самоцелью, его реализация направлена на то, чтобы выпускаемый специалист был подготовлен во всех отношениях и хорошо владел основами наук.

В настоящее время взаимоотношения между фундаментальными и прикладными науками и предметами претерпевают определенные изменения. Они могут быть охарактеризованы их взаимопроникновением или частичным наложением. От физиков, занимающихся исследованием взаимосвязи строения и свойств материалов, требуется внедрение результатов своих работ в технику, а от других специалистов требуется повышение научного уровня исследований, более глубокого проникновения в природу различных явлений, что невозможно сделать без использования физических методов. Таким образом, разработка и эффективное внедрение учебного плана непрерывной подготовки студентов по физике в течение всего периода их обучения будет способствовать выработке тех исследовательских навыков, которые помогут им быть современными руководителями производства, способными развивать передовую науку и технику.

Научно-технический прогресс, охватывающий все области народного

хозяйства, обязывает современного инженера и технолога непрерывно следить за успехами физической науки, дополнять свои знания в этой области, применять их к решению практических задач. Это повышает требования к организации методов преподавания физики и отбору необходимого материала. Большая роль в преподавании физики отводится практическим и лабораторным занятиям. Решение задач – неотъемлемая составная часть процесса обучения, развивающая физическое мышление, – помогает уяснить физический смысл явлений, закрепляет в памяти формулы, прививает навыки практического применения теоретических знаний. Цель лабораторного практикума – углубить теоретические знания студентов, ознакомиться с измерительной аппаратурой, приобрести соответствующие навыки в обращении с физическими приборами и методами физических измерений. При выполнении лабораторных работ студенты получают навыки самостоятельной исследовательской работы. Выполнение лабораторной работы превращается в живой и творческий процесс научного познания, если изменить традиционный подход к этапам выполнения лабораторной работы следующим образом:

– постановка задачи;

– сбор экспериментальной установки с обоснованием выбора тех или иных приборов, инструментов или установок;

– выполнение эксперимента;

– математическая обработка результатов измерений;

– выдвижение теорий (создание моделей) для объяснения результатов.

Объединяя задачи практических и лабораторных занятий, можно добиться повышения эффективности обучения. Существует большое количество задачников, отличающихся содержанием и своими дидактическими целями, однако в них практически отсутствуют физические задачи, непосредственно связанные с лабораторным экспериментом. Лабораторные же практикумы построены в основном таким образом, что студент выполняет работу по заранее подсказанной схеме, которая не учитывает его индивидуальные способности и ограничивает самостоятельность при выполнении эксперимента. Установление тесной связи между семинарскими и лабораторными занятиями позволит более рационально использовать время, отводимое на решение задач и выполнение лабораторных работ, и повысит эффективность процесса обучения.

В основе этой методики лежит проблемное обучение: преподаватель ставит перед студентами проблему в виде теоретической задачи, которую они решают на семинарском занятии или самостоятельно дома, а затем экспериментальное решение этой задачи они осуществляют при выполнении лабораторной работы. Такой подход к постановке лабораторного практикума при той же затрате планового времени на практические занятия дает возможность придать эксперименту научно-исследовательский характер. Если студентом были теоретически решены задачи на тему той или иной

лабораторной работы, то перед ним можно поставить вопросы, связанные с самостоятельным планированием лабораторного эксперимента, составлением необходимых электрических цепей установки, расчетом параметров и анализом результатов эксперимента. Такой подход к обучению создает возможность рассматривать физические вопросы более глубоко с проведением анализа связи между теорией и экспериментом.

Чтобы лучше понять идею соединения решения задач и лабораторных работ, рассмотрим в качестве примера тему «Волновые свойства света». На эту тему в лабораторном практикуме по физике, изданном преподавателями нашей кафедры, имеются работы:

1. Изучение дифракции света от двух щелей и определение расстояния между щелями.
2. Изучение дифракции света от одной щели и определение ширины щели.
3. Определение постоянной дифракционной решетки.
4. Определение радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона.
5. Опытная проверка закона Малюса.
6. Определение концентрации водного раствора сахара сахариметром.

Перед выполнением указанных лабораторных работ студентам предлагается решить 6–8 задач по тематике лабораторных работ дома и на семинарском занятии. Разбор решений данных задач может служить хорошей подготовкой к лабораторной работе. Студент выполняет три из названных лабораторных работ, но не знает заранее, какую. Поэтому он должен решить все предложенные задачи, изучив при этом явления интерференции, дифракции и поляризации света. В методических указаниях к выполняемым лабораторным работам традиционная теоретическая часть сокращена, зато более подробно дано описание используемых приборов.

При выполнении лабораторной работы из раздела «Электричество и магнетизм» «Определение удельного заряда электрона методом магнетрона» студентам предлагается следующая задача.

Задача. Двухэлектродная электронная лампа с цилиндрическим анодом и катодом, расположенным вдоль оси цилиндрического анода так, что электрическое поле направлено по радиусу, помещается внутри соленоида, создающего магнитное поле, параллельное катоду. Между катодом и анодом приложена ускоряющая разность потенциалов U_a. Выяснить характер движения электронов при отсутствии и наличии магнитного поля. Определить, при каком значении тока соленоида будет достигнуто критическое значение индукции магнитного поля. Получить формулу для критического значения индукции $B_{кр}$ магнитного поля, при котором электроны не смогут достигать анода. Вывести формулу и рассчитать удельный заряд электрона. Длина соленоида L, число витков соленоида N, радиус цилиндра анода b. Предложить принципиальную схему лабораторной установки и описать, как должны проводиться измерения.

Лабораторная работа. Определение удельного заряда электрона *e/m* методом магнетрона.

Цель работы. Изучить движение электрона в электрическом и магнитном полях и экспериментально определить удельный заряд электрона.

В решенной задаче для определения удельного заряда электрона получена формула:

$$\frac{e}{m} = \frac{32 \cdot U_a l^2}{b^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu^2 \cdot I^2_{кр} \cdot N^2 (\cos\beta_1 - \cos\beta_2)^2}$$

Приборы и принадлежности: электронная лампа, соленоид, источник постоянного тока, УИП-1, вольтметр, микроамперметр (АВО), потенциометр, соединительные провода, ключ.

Описание установки.

Измерительная установка содержит три отдельные электрические цепи: анодную, цепь накала катода и цепь питания соленоида. Для питания анодной цепи используется источник постоянного тока. Анодное напряжение регулируется потенциометром и измеряется вольтметром, анодный ток измеряется микроамперметром. Напряжение для питания соленоида и накала катода подается от УИП-1. Ток в цепи соленоида регулируется реостатом УИП-1.

Задание 1.

1. Самостоятельно составить принципиальные схемы электрических цепей с указанием необходимых приборов и их характеристик.

2. После проверки преподавателем принципиальных схем цепей выполнить их монтажную сборку.

Задание 2.

1. Для нескольких значений анодного напряжения построить графики зависимости анодного тока от тока в соленоиде. Определить ток в соленоиде, соответствующий $B_{кр}$.

2. Пользуясь формулами решенной задачи, подсчитать значение удельного заряда электрона и оценить погрешность измерения.

Такая методика связи практических занятий и лабораторных работ отвечает современным требованиям, так как нацелена на развитие логического мышления у студентов, приобретение ими практических навыков работы с измерительными приборами и позволяет рационально использовать плановое учебное время.

О РАЦИОНАЛЬНОМ ВЫБОРЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО КУРСУ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

И.Д. Романенко, Н.В. Наумчук
г. Донецк, Донецкий государственный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского
physics@kaf.donduet.edu.ua

Рациональным выбором системы отсчета можно упростить решение некоторых задач. Этот вопрос касается, прежде всего, задач механики, однако он возникает и при решении задач по другим разделам курса физики, где идет речь о движении заряженных или нейтральных частиц.

В задачах по кинематике часто задают равномерное прямолинейное движение не одного, а нескольких (обычно двух) тел по отношению к Земле или иной инерциальной системе отсчета. В таких случаях решение задачи упрощается, если рассматривать все движения в системе отсчета, связанной с одним из движущихся тел. Иногда такой выбор системы отсчета необходим. Поясним сказанное примерами.

Задача 1. Частица *A*, двигаясь со скоростью $\vec{v}$, ударяется о массивную стенку *B,* которая движется в том же направлении со скоростью $\vec{u}$. Определить скорость частицы после удара, если известно, что при ударе о неподвижную стенку *B* она отскакивает, сохраняя скорость по величине и изменяя ее направление на противоположное.

Решение. Условие задачи предполагает скорости тел *A* и *B*, заданными в какой-то инерциальной системе отсчета, например связанной с Землей, Вместе с тем в условии дан закон соударения частицы с неподвижной стенкой. Поэтому, чтобы решить задачу, необходимо рассмотреть движение частицы в системе отсчета, связанной со стенкой *B*. В этой системе скорость частицы в соответствии с законом сложения скоростей будет равна $\vec{v}-\vec{u}$. Согласно условию, частица отскочит от стенки со скоростью

$$-\left(\vec{v}-\vec{u}\right)=\vec{u}-\vec{v}\,.$$

Возвращаясь к системе отсчета, связанной с Землей, получим для искомой скорости

$$\vec{v}'=\left(\vec{u}-\vec{v}\right)+\vec{u}=2\vec{u}-\vec{v}\,.$$

Задача 2. Из двух пунктов *A* и *B*, расстояние между которыми *l,* одновременно начинают двигаться два корабля со скоростями $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$. Векторы скоростей образуют с отрезком *AB* одинаковые углы α=45°. Считая движение кораблей равномерным и прямолинейным, определить наименьшее расстояние между ними.

Решение. Очевидно, расстояние между кораблями *s* является функцией времени *t.* Оказывается, исследование этой функции *s*=*s*(*t*) на экстремум можно выполнить элементарно, если воспользоваться системой отсчета,

связанной с одним из двух кораблей, например с тем, у которого скорость меньше (назовем его первым). В этой системе отсчета первый корабль будет неподвижен, а скорость второго будет $\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_1'$, где $\vec{v}_1' = -\vec{v}_1$. При этом $v = \sqrt{(v_1')^2 + v_2^2} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$.

Минимальным расстоянием между кораблями будет длина перпендикуляра, опущенного на направление вектора $\vec{v}$. Элементарный расчет, основанный на подобии прямоугольных треугольников, приводит к ответу

$$s_{\min} = \frac{l(v_2 - v_1)}{\sqrt{2(v_1^2 + v_2^2)}}.$$

Так как величина импульса и кинетической энергии тела изменяются при переходе от одной системы отсчета к другой, вопрос о выборе системы отсчета может оказаться существенным при решении задач на законы сохранения. В большинстве случаев эти задачи решают, рассматривая движение тел в той инерциальной системе отсчета, к которой относится условие задачи. Это так называемая «лабораторная» система отсчета, обычно связанная с Землей.

Если в условии задачи фигурирует относительная скорость $v_{отн}$ сближения двух частиц, то целесообразно рассматривать явление их взаимодействия в такой инерциальной системе отсчета, в которой одна из частиц в этот момент неподвижна. Тогда скорость другой будет равна $v_{отн}$.

Иногда решение задачи упрощается, если выбрать такую систему отсчета, которая движется поступательно относительно «лабораторной» со скоростью центра инерции системы частиц и в которой, следовательно, центр инерции неподвижен. Будем для краткости называть такую систему отсчета *связанной с центром инерции*. Этой системой отсчета пользуются в тех случаях, когда необходимо рассматривать относительное перемещение частей системы, центр инерции которой движется относительно «лабораторной» системы.

Из закона сохранения импульса и определения центра инерции системы частиц вытекают следующие свойства системы отсчета, связанной с центром инерции:

1. Скорость центра инерции системы частиц в любой инерциальной системе отсчета есть величина постоянная:

$$\vec{v}_c = const$$

и, следовательно, система отсчета, связанная с центром инерции, также является инерциальной.

2. В этой и только в этой системе отсчета выполняются соотношения:

$$\sum m_i \Delta \vec{r}_i = 0,$$

$$\vec{K} = \sum m_i \vec{v}_i = 0,$$

где m_i, $\Delta\vec{r}_i, \vec{v}_i$ – масса, перемещение и скорость i-й частицы; $\vec{K}$ – полный импульс системы частиц.

3. В этой и только в этой системе отсчета суммарная кинетическая энергия частиц может обращаться в нуль (в случае относительного покоя всех частиц).

Приведем примеры использования указанных свойств.

Задача 3. Две частицы, обладающие массами m_1, m_2 и зарядами, равными $+q_1$, $+q_2$, движутся навстречу друг другу, имея вдалеке относительную скорость $v_{отн}$. На какое наименьшее расстояние сблизятся частицы?

Решение. Рассмотрим движение частиц в системе отсчета, связанной с центром инерции двух частиц. Пусть скорости частиц в этой системе отсчета будут $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$. Так как частицы движутся навстречу друг другу, то

$$v_{отн}=v_1+v_2. \qquad (1)$$

В начальный момент полная энергия системы частиц равна сумме их кинетических энергий. Частицы будут сближаться до тех пор, пока вся их кинетическая энергия не превратится в энергию кулоновского взаимодействия. Таким образом, закон сохранения энергии в этом случае запишем в таком виде:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2}+\frac{m_2 v_2^2}{2}=\frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{\min}} \qquad (2)$$

Чтобы найти величины $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$, применим соотношение:

$$\vec{K}=\sum m_i\vec{v}_i=0\ .$$

Учитывая противоположные направления векторов $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$, получим

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0. \qquad (3)$$

Решая систему уравнений (1) и (3), получим:

$$v_1=\frac{m_2}{m_1+m_2}v_{отн}\ ;\ v_2=\frac{m_1}{m_1+m_2}v_{отн} \qquad (4)$$

Подставив (4) в (2), получим:

$$r_{\min}=\frac{q_1 q_2\left(m_1+m_2\right)}{2\pi\varepsilon_0 m_1 m_2 v_{отн}^2}.$$

ІНТЕРАКТИВНИЙ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС ДОКУМЕНТІВ З КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

Н.Л. Дон[α], Г.П. Чуйко[β]
м. Херсон, Херсонський національний технічний університет
[α] n_don@mail.ru
[β] gp47@mail.ru

Тенденція до зростання ролі самостійної роботи студентів, ширшого використання сучасних технологій (зокрема й інформаційних) в освітньому процесі, застосування інтерактивних методів навчання набуває особливої актуальності в умовах приєднання України до Болонського процесу.

Сучасний стан розвитку інформаційних технологій дозволяє широко застосовувати комп'ютер в навчальному процесі, як під час аудиторних занять, так і для самостійної роботи студентів.

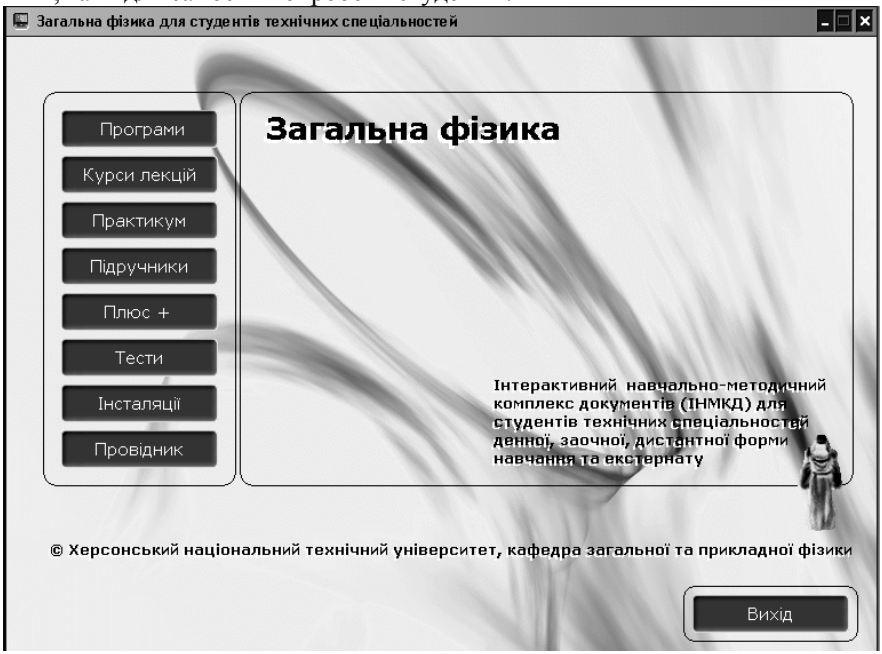


Рис. 1

На кафедрі загальної та прикладної фізики Херсонського національного технічного університету розроблено інтерактивний навчально-методичний комплекс з курсу загальної фізики для студентів технічних спеціальностей як денної, так і заочної та дискантної форм навчання, який містить всю необхідну для студентів інформацію – навчальну програму, повний курс лек-

цій, необхідні підручники в електронному вигляді, збірники задач з прикладами їх розв'язування, методичні рекомендації до самостійної роботи, інструкції до лабораторного практикуму (рис. 1).

Окрім навчальної інформації, диск містить комплекс тестового контролю з різних тем курсу, при цьому тестування студенти можуть проходити як самостійно (в якості самоперевірки), так і під час залікових занять [1; 2].

На диску містяться програми, які будуть цікаві не лише студентам: калькулятор для інженера-фізика, програма переводу одиниць вимірювання до системи СІ і т.д.

Також на диску міститься необхідний мінімум демонстрацій, які викладач може застосовувати під час лекційних занять (студент може самостійно з ними ознайомитись за умови відсутності необхідного технічного забезпечення у навчальному закладі). Демонстраційний пакет містить схему експерименту, картину спостереження, з можливістю зміни параметрів експерименту. Наприклад, для дифракційної ґратки можна змінювати як світлофільтри, так і період дифракційної ґратки (рис. 2).

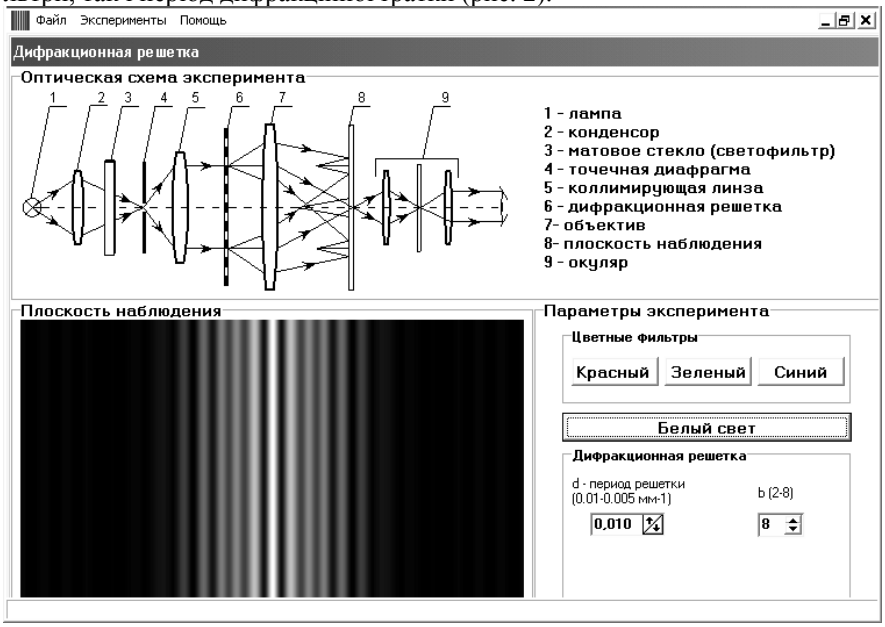


Рис. 2

Цікавою програмою як для студентів, так і для викладачів може бути наведена на диску «Фізика в анімаціях», яка містить необхідні демонстрації з всіх розділів фізики. Зокрема, для викладачів буде цікавою підбірка динамічних демонстрацій з коливального руху, геометричної та хвильової оптики і т.д. Показ цих явищ не завжди можливий в умовах звичайного навчаль-

ного процесу, але є вкрай необхідним при вивченні даних тем.

Загалом, розроблений інтерактивний навчально-методичний комплекс доцільно застосовувати в першу чергу при викладанні фізики студентам заочного та дистантного навчання, які повинні значну долю часу витрачати на самостійну роботу. Оскільки не завжди є можливість працювати в бібліотеках, студент повинен забезпечуватись необхідною літературою заздалегідь. Даний підхід виправдав себе при викладанні фізики на регіональних ННКЦ ХНТУ, де методичне забезпечення дисципліни забезпечує базовий ВНЗ.

Література:

1. Дон Н.Л., Дворник О.В., Мартинюк В.В., Чуйко Г.П. Програмний пакет “Xtest” для комп’ютерного тестування студентів з фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 4: В 3-х томах. – Кривий Ріг: НМетАУ, 2004. – Т.2: Теорія та методика навчання фізики. – 462 с. – С. 160-164.

2. Беднарський В.В., Дон Н.Л., Чуйко Г.П.. Особливості комп’ютерного тестування студентів у межах блочно-модульної системи викладання фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 4: В 3-х томах. – Кривий Ріг: НМетАУ, 2004. – Т.2: Теорія та методика навчання фізики. – 462 с. – С. 21-24.

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАКОНІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ

М.Н. Половина
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет
dekanat@ff.dsu.dp.ua

Закони збереження грають значну роль в фізиці, але вона стає незрівнянно більшою в фізиці елементарних частинок. І це має своє пояснення, бо при відсутності послідовної теорії роль законів збереження значно підсилюється. Цілий ряд законів збереження діє тільки в світі елементарних частинок і не грає ніякої ролі в явищах макроскопічного світу. Крім того, у мікросвіті закони збереження більш ефективні, бо тут обов'язково відбувається все, що не заборонено повною сукупністю законів збереження.

Кожен з законів збереження пов'язаний з певною симетрією законів природи, хоч не для всіх законів збереження ці симетрії встановлено.

За фізичною природою закони збереження можна розділити на три групи. До першої групи відносяться закони збереження зарядів: електричного Q, баріонного B і трьох лептонних зарядів L_e, L_μ, L_τ. Кожен з цих зарядів є адитивним і зберігається. Баріонний заряд дорівнює одиниці для всіх баріонів і –1 – для антибаріонів. Значення лептонних зарядів наступні:

	e^-	e^+	μ^-	μ^+	τ^-	τ^+	ν_e	$\overline{\nu}_e$	ν_μ	$\overline{\nu}_\mu$	ν_τ	$\overline{\nu}_\tau$
L_e	+1	-1	0	0	0	0	+1	-1	0	0	0	0
L_μ	0	0	+1	-1	0	0	0	0	+1	-1	0	0
L_τ	0	0	0	0	+1	-1	0	0	0	0	+1	-1

Закон збереження баріонного заряду забороняє реакцію анігіляції атому водню $p+e^-\neq 2\gamma$, тобто має відношення до стабільності нашого світу. Закон збереження L_e пояснює появу антинейтрино $\overline{\nu}_e$ в розпаді нейтрона $n\to p+e^- + \overline{\nu}_e$, а з законів збереження L_e і L_μ обґрунтовується схема розпаду мюонів:

$$\mu^-\to e^-+\overline{\nu}_e+\nu_\mu, \quad \mu^+\to e^++\nu_e+\overline{\nu}_\mu$$

До другої групи належать закони збереження, пов'язані з симетрією простору і часу. З однорідності простору слідує закон збереження імпульсу. Ізотропність простору пов'язана з законом збереження моменту імпульсу, а однорідність часу – з законом збереження енергії. А така симетрія як рівноправність інерціальних систем координат приводе до закону збереження центру інерції. В квантовій теорії до цих законів додаються закони збереження, пов'язані з право-лівою симетрією простору і з симетрією відносно зміни знаку часу.

Третю групу законів збереження складають наближені закони збереження, які виконуються тільки для певних взаємодій. Із наближених законів збереження найбільш точними є закони збереження парності P, дивності S, чарівності C і краси b, які справедливі для сильних і електромагнітних взаємодій і порушуються при слабких взаємодіях ($\Delta S=\pm 1$). Дивність і чарівність

є цілочисельними адитивними величинами типу заряду. Дивність була введена Гелл-Манном і Нішіджімою після того як з'ясувалось, що у процесах взаємодії π-мезонів з нуклонами та нуклонів з нуклонами гіперони народжуються не поодинці, а разом з K-мезонами. Це пояснюється тим, що гіперони мають від'ємну дивність, яка компенсується додатною дивністю K^+ чи K^0-мезонів, що необхідно для збереження дивності, бо π-мезони і нуклони мають нульову дивність.

Закон збереження ізотопічного спіну має місце тільки для сильних взаємодій, бо ізотопічна симетрія зберігається тільки при нехтуванні електромагнітною взаємодією. Це робить можливою класифікацію по ізотопічному спіну адронів, які приймають участь в сильних взаємодіях. Згідно з цієї класифікації ізотопічний триплет утворюють π-мезони (π^+, π^-, π^0) і Σ-гіперони (Σ^+, Σ^-, Σ^0), ізотонічний дублет – K-мезони (K^+, K^0 і K^-, $\overline{K}^0$), нуклони (p, n), Ξ-гіперони (Ξ^-, Ξ^0), синглети – η^0-мезон, Λ^0-гіперон, Ω^--гіперон.

У таблиці вказано види взаємодій, для яких наведені закони збереження виконуються.

Закони збереження	Види взаємодії		
	сильна	електромагнітна	слабка
Електричний заряд	+	+	+
Баріонний заряд	+	+	+
Лептонний електронний заряд	+	+	+
Лептонний мюонний заряд	+	+	+
Лептонний таонний заряд	+	+	+
Енергія	+	+	+
Імпульс	+	+	+
Момент імпульсу	+	+	+
Ізотопічний спін	+	-	-
Дивність	+	+	-
Парність	+	+	-
Чарівність	+	+	-
Краса	+	+	-

ПРИНЦИП ВІДНОСНОСТІ І ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ РУХОМОЇ ЗАРЯДЖЕНОЇ ЧАСТИНКИ

О.А. Коновал
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Виходячи із принципу відносності та закону Кулона, можна одержати формулу для вектора $\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$ електричного поля рівномірно рухомої зарядженої частинки (РЗЧ) [1]:

$$\vec{D} = \frac{q(1-\beta^2)\vec{r}}{4\pi r^3 (1-\beta^2 \sin^2\theta)^{3/2}} = \frac{q(1-\beta^2)\vec{r}}{4\pi} \frac{1}{\left\{(x-\upsilon t)^2 + \left(y^2+z^2\right)(1-\beta^2)\right\}^{3/2}} \qquad (1)$$

де q – величина заряду РЗЧ, $\vec{r} = (x-\upsilon t)\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ – радіус-вектор, проведений від миттєвого положення ЗЧ в дану точку поля $P(x, y, z)$, $\beta = \frac{\upsilon}{c}$, θ – кут між вектором $\vec{r}$ та напрямком руху ЗЧ (рис. 1).

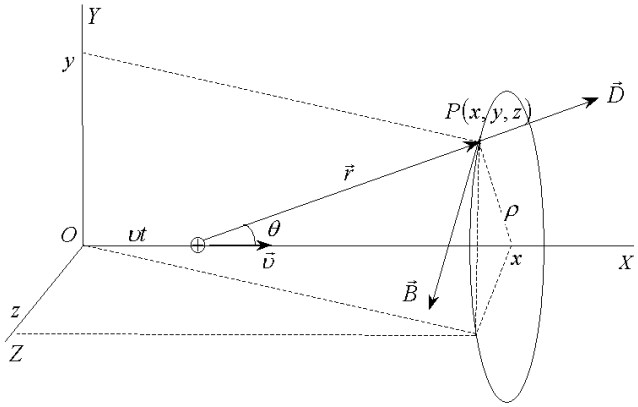


Рис. 1. Електромагнітне поле рівномірно рухомої ЗЧ

Електричне поле РЗЧ являється не потенціальним. Дійсно, використовуючи (1), для ротора вектора $\vec{D}$ знаходимо:

$$rot\vec{D} = \left(\frac{\partial D_z}{\partial y} - \frac{\partial D_y}{\partial z}\right)\vec{i} + \left(\frac{\partial D_x}{\partial z} - \frac{\partial D_z}{\partial x}\right)\vec{j} + \left(\frac{\partial D_y}{\partial x} - \frac{\partial D_x}{\partial y}\right)\vec{k} =$$
$$= \frac{3q(1-\beta^2)(x-\upsilon t)\cdot z\cdot\beta^2}{4\pi\left\{(x-\upsilon t)^2 + \left(y^2+z^2\right)(1-\beta^2)\right\}^{5/2}}\vec{j} - \frac{3q(1-\beta^2)y(x-\upsilon t)\cdot\beta^2}{4\pi\left\{(x-\upsilon t)^2 + \left(y^2+z^2\right)(1-\beta^2)\right\}^{5/2}}\vec{k} \qquad (2)$$

З метою спрощення виразів та для більшої прозорості розрахунків і ви-

сновків, ЕМП будемо розглядати в площині *XOY* (рис. 2).

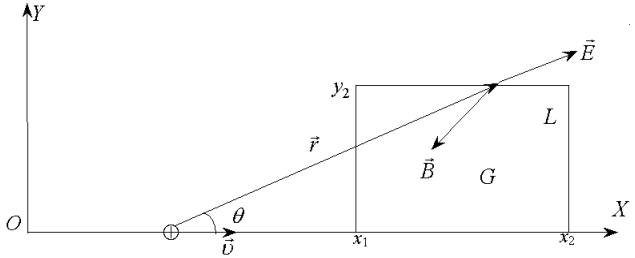


Рис. 2. Прямокутний контур *L* знаходиться в площині *XOY*

Тоді

$$rot_z \vec{D} = -\frac{3q(1-\beta^2)y(x-\upsilon t)\cdot\beta^2}{4\pi\left\{(x-\upsilon t)^2+(y^2+z^2)(1-\beta^2)\right\}^{5/2}}\vec{k} \tag{3}$$

Як відомо, циркуляцію вектора $\vec{D}$ може бути знайдена трьома шляхами:

1) $\oint D_x dx + \oint D_y dy = \int\limits_{x_1}^{x_2} D_x(x_1 y = 0)dx + \int\limits_{x_2}^{x_1} D_x(x_1 y = y_2)dx + \int\limits_{y_1}^{y_2} D_y(x_2, y)dy +$

$+ \int\limits_{y_2}^{y_1} D_y(x_1, y)dy$

причому контур *L* необхідно обходити проти годинникової стрілки, щоб область інтегрування *G* була зліва.

2) використовуючи формулу Гріна:

$$\oint\limits_L \left(D_x dx + D_y dy\right) = \iint\left(\frac{\partial D_y}{\partial x} - \frac{\partial D_x}{\partial y}\right)dxdy$$

3) виходячи з фізичного змісту $\oint \vec{D}d\vec{l}$ (брати відповідні проекції $\vec{D}$ по 4-м сторонам прямокутного контуру *L*). Але цей шлях приводить до першого способу.

Неважко впевнитися, що всі три способи розрахунку циркуляції вектора $\vec{D}$, $\oint \vec{D}d\vec{l}$ дають однаковий результат:

$$\oint \vec{D}d\vec{l} = \iint\limits_G \left(\frac{\partial D_y}{\partial x} - \frac{\partial D_x}{\partial y}\right)dxdy =$$

$$= \frac{q\beta^2}{4\pi}\left(\frac{1}{x_2-\upsilon t} - \frac{1}{x_1-\upsilon t}\right) + \frac{q\beta^2}{4\pi}\left(\frac{1}{(x-\upsilon t)^2 + y_2^2(1-\beta^2)}\right)\Bigg|_{x_1}^{x_2} \tag{4}$$

Як зазначалося в роботах [2; 3; 4], для виконання ПВ необхідно вимага-

ти, щоб в системі відліку (СВ), яка зв'язана з контуром L, циркуляція вектора $\vec{E}$ по цьому контуру повністю компенсувалася ЕРС, зумовленою зміною магнітного потоку через поверхню, що обмежена контуром L. Тобто, щоб і з точки зору СВ K і СВ K' в контурі L не виникало ЕРС.

Власне ця вимога ПВ та непотенціальність електричного поля РЗЧ з однозначністю приводять до рівняння:

$$rot\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \tag{5}$$

Це дозволило зробити висновок, що закон електромагнітної індукції (5) є наслідком ПВ та закону Кулона [2–5].

Переходимо тепер до знаходження потоку $\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$ через поверхню, обмежену прямокутним контуром L:

$$\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S} = \frac{\partial}{\partial t}\int_S \vec{B}d\vec{S}\ ,\ \vec{B} = \frac{\mu_0 q[\vec{\upsilon}\cdot\vec{r}]\cdot\left(1-\beta^2\right)}{4\pi r^3\left(1-\beta^2\sin\theta\right)^{3/2}}\ ,$$

$$B_z = \frac{\mu_0 q(1-\beta^2)\upsilon\cdot r\sin\theta}{4\pi\left\{(x-\upsilon t)^2+\left(y^2+z^2\right)\left(1-\beta^2\right)\right\}^{3/2}} = \frac{\mu_0 q\cdot\left(1-\beta^2\right)\cdot\upsilon\cdot\sqrt{y^2+z^2}}{4\pi\left\{(x-\upsilon t)^2+\left(y^2+z^2\right)\left(1-\beta^2\right)\right\}^{3/2}}\ ,$$

де $\sin^2\theta = \frac{\rho^2}{r^2}$ згідно рис.2.

Оскільки рівняння поверхні S, яка обмежена контуром L, має вигляд $z=f(x, y)=0$, то величина магнітного потоку через цю поверхню в довільний момент часу дорівнює:

$$\Phi = \int_S \vec{B}d\vec{S} = \int_S B_z dS = \int_G B_z\cdot dxdy =$$

$$= \frac{\mu_0 q(1-\beta^2)\upsilon}{4\pi}\int_{x_1}^{x_2} dx\int_0^{y_2}\frac{ydy}{\left\{(x-\upsilon t)^2+y^2(1-\beta^2)\right\}^{3/2}} =$$

$$= \frac{\mu_0 q\upsilon}{4\pi}\left(\ln\frac{x_2-\upsilon t}{x_1-\upsilon t} - \ln\frac{x_2-\upsilon t+\sqrt{(x_2-\upsilon t)^2+y_2{}^2\left(1-\beta^2\right)}}{x_1-\upsilon t+\sqrt{(x_1-\upsilon t)^2+y_2{}^2\left(1-\beta^2\right)}}\right)$$

Таким чином, для ЕРС індукції одержуємо:

$$-\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0 q\upsilon^2}{4\pi}\left(\frac{1}{x_2-\upsilon t} - \frac{1}{x_1-\upsilon t} + \frac{1}{\sqrt{(x_1-\upsilon t)^2+y_2{}^2\left(1-\beta^2\right)}} - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{\sqrt{(x_2-\upsilon t)^2+y_2{}^2\left(1-\beta^2\right)}}\right),$$

що співпадає з (4).

Важливо наголосити, що при використанні нерелятивістських виразів для векторів поля $\vec{E}$ та $\vec{B}$

$$\vec{E}_{нр} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3},\ \vec{B}_{нр} = \frac{\mu_0[\vec{\upsilon}\cdot\vec{r}]q\varepsilon_0}{4\pi\varepsilon_0 r^3} = \frac{[\vec{\upsilon}\cdot\vec{r}]\varepsilon_0\mu_0}{4\pi\varepsilon_0 r^3} = \frac{1}{c^2}[\vec{\upsilon}\cdot\vec{E}_{нр}]$$

одержуємо результат, що суперечить ПВ:

$$rot\vec{E}_{нр} = 0\text{ , але }\frac{\partial\vec{B}_{нр}}{\partial t} \neq 0\text{ ,}$$

де $\vec{r} = (x-\upsilon t)\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ – радіус-вектор, проведений із миттєвого положення ЗЧ в дану точку поля.

Дійсно, для ситуації, зображеної на рис. 2, маємо:

$$\frac{\partial\vec{B}_{нр}}{\partial t} = \frac{\partial B^x{}_{нр}}{\partial t}\vec{i} + \frac{\partial B^y{}_{нр}}{\partial t}\vec{j} + \frac{\partial B^z{}_{нр}}{\partial t}\vec{k}$$

$$\frac{\partial B^z{}_{нр}}{\partial t} = \frac{3\mu_0 q\upsilon^2 y(x-\upsilon t)}{4\pi\left\{(x-\upsilon t)^2 + y^2 + z^2\right\}^{5/2}}$$

А тому

$$\varepsilon_{інд} = -\frac{\partial\Phi}{\partial t} = \frac{\mu_0 q\upsilon^2\varepsilon_0}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{x_2-\upsilon t} - \frac{1}{x_1-\upsilon t} - \frac{1}{\sqrt{(x_2-\upsilon t)^2 + y^2}} + \frac{1}{\sqrt{(x_1-\upsilon t)^2 + y^2}}\right)$$

Таким чином, при аналізі будь-яких електромагнітних явищ для одержання коректних несуперечливих результатів слід користуватися методами теорії відносності.

Література:

1. Коновал О.А., Швидкий О.В. Властивості і моделювання електромагнітного поля рухомої зарядженої частинки // Матеріали IX Всеукраїнської наукової конференції "Фундаментальна та професійна підготовка фахівців з фізики". Укладачі: Шут М.І., Січкар Т.Г. – К.: НПУ, 2004. – С. 52.

2. Коновал О.А. Не потенціальність 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.

3. Коновал О.А. Обґрунтування рівнянь Максвелла на основі принципу відносності // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Методологічні принципи формування фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх учителів фізики та астрономії. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, ІВВ, 2003. – Вип. 9. – С. 101-103.

4. 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.

5. 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.

К ВОПРОСУ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Р.М. Менумеров
г. Симферополь, Крымский инженерно-педагогический университет

Закономерности силового взаимодействия электрических токов занимают центральное место в курсе электродинамики благодаря исключительной важности как с научной (познавательной), так и с практической точек зрения. Однако, при изложении и интерпретации ставших уже классическими законов электромагнетизма в учебной литературе (включая современную) допускаются ряд ошибочных положений, некоторые из которых носят принципиальный характер. В особенности это проявляется при описании силового взаимодействия элементов электрического тока и движущихся электрических зарядов.

Известно, что применение фундаментальных положений электродинамики и теории относительности приводит к закону взаимодействия элементов электрического тока, который имеет, в векторной форме, вид [1–7]:

$$d\mathbf{F}_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_1 I_2}{R_{12}^3}[d\mathbf{l}_2[d\mathbf{l}_1\mathbf{R}_{12}]] \qquad (1)$$

где $d\mathbf{F}_{12}$ – сила, действующая на элемент тока $I_2 d\mathbf{l}_2$ со стороны элемента $I_1 d\mathbf{l}_1$, расположенного на расстоянии R_{12}.

Следуя устоявшейся традиции, многие авторы [1; 2; 5; 6] называют указанное выражение формулой Ампера (или общей формулой Ампера [5; 6]) и даже утверждают, что «этот закон открыт Ампером в 1820 году» [1; 6]. Однако, читая труды Ампера по электродинамике [12] мы находим другую закономерность, характеризующую взаимодействие элементов электрического тока, что отмечено также в известной монографии И.Е. Тамма [4]. Закон, сформулированный Ампером, в современных обозначениях имеет вид:

$$d\mathbf{F}_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} I_1 I_2 \left\{ \frac{3}{R_{12}^5}(d\mathbf{l}_1\mathbf{R}_{12})(d\mathbf{l}_2\mathbf{R}_{12}) - \frac{2}{R_{12}^3}(d\mathbf{l}_1 d\mathbf{l}_2) \right\}\mathbf{R}_{12} \qquad (2)$$

При выводе своей формулы Ампер исходил из представления, что взаимодействие элементов тока должно удовлетворять третьему закону Ньютона, то есть силы должны быть равны и противоположно направлены по линии их соединения. Формула (2) даёт правильные результаты при вычислении результирующей силы, действующей на элемент тока $I_1 d\mathbf{l}_1$ со стороны замкнутого контура с током I_2, а так же при расчёте силового взаимодействия одного замкнутого контура на другой. Однако формулу(2) нельзя считать верным выражением силы в общем случае, поскольку следствия, вытекающие из него, противоречат положениям современной науки. Следует лишь отметить, что согласно (2) должны существовать продольные сла-

гающие сил, направленные вдоль элементов тока. Ампером делались попытки экспериментально доказать реальность продольного отталкивания отрезков проводников с током, расположенных на одной прямой. По современным представлениям таких взаимодействий совершенно не существует, и цель, поставленная автором опытов, не была достигнута. В связи с этим формула Ампера в настоящие время представляет лишь исторический интерес.

Считаем необходимым отметить, что закономерность в виде формулы (1) была предложена впервые немецким физиком Германом Грассманом в 1844 году ещё до появления электронной теории магнетизма [9; 13]. Этот факт, в большинстве случаев, не находит отражения в современной учебной литературе и является, на наш взгляд, глубокой исторической несправедливостью. Быть может, следовало бы назвать в честь Ампера ту или иную формулу или закон, учитывая его значительный вклад в электродинамику, но нельзя называть его именем закономерность, содержащую идею, против которой он непримиримо выступал [1; 9; 13].

Следуя традициям, восходящих к Амперу, многие авторы высказывают ряд критических замечаний по поводу формулировки (1), основные идеи которых сводятся к следующим умозаключениям:

– формула Грассмана *противоречит третьему закону Ньютона*, поскольку из него следует, что $d\mathbf{F}_{12}+d\mathbf{F}_{21}\neq 0$. Поэтому следствия, вытекающие из этого, не отражают реальных свойств материи [2; 3; 5; 6], поскольку понятие о силе взаимодействия элементов тока не имеет физического смысла. Физический смысл имеют лишь результирующие силы, действующие на тот или иной замкнутый контур со стороны другого замкнутого контура: «невозможно изолировать отдельные элементы тока и экспериментировать с ними» [3];

– формула (1) – *неточное выражение силы*, поэтому не имеет самостоятельного значения, и её следует рассматривать только как вычислительное средство. Она представляет собой лишь выражение, которое можно писать только под знаками интегрирования по замкнутым контурам токов [2; 4; 7], в ней «опущены некоторые слагаемые» [2], к нему можно добавить «любую функцию» [7], «ряд членов» [4] и т.п.

Приведённые утверждения не способствуют формированию правильного представления о природе рассматриваемых явлений и в большинстве случаев являются историческим наследием, которые заслуживают критического пересмотра. Они имели основания и были естественны на первых порах развития электродинамики. Однако к настоящему времени накопился обширный экспериментальный и теоретический материал, который позволяет полностью отказаться от представленных выше неоднозначностей и противоречий в трактовке основной закономерности электронной теории.

По формуле Грассмана, действительно, векторная сумма сил, приложенных к двум взаимодействующим элементам тока, в общем случае не

равны нулю. То же самое имеет место для отдельных электрических зарядов, движущихся по непараллельным направлениям. Особенно резкое нарушение принципа равенства действия и противодействия проявляется, когда скорости частиц взаимно перпендикулярны (в этом случае $d\mathbf{F}_{12}=0$, $d\mathbf{F}_{21}\neq 0$), что отмечается во всех известных курсах физики [2; 3; 8; 11]. Однако нарушение основного закона классической механики при взаимодействии движущихся электрических зарядов свидетельствует о том, что электродинамика характеризует более сложную форму движения материи, чем динамика тел, не образующих вихревого магнитного поля. Данное утверждение является отражением того факта, что *магнитное взаимодействие электрических зарядов (токов) является релятивистским эффектом*, следствием инвариантности электрического заряда и лоренцевых преобразований полей и сил в СТО [7; 8; 11]. «Магнетизм исчез бы, если скорость света оказалась бесконечно большой» [8]. В связи с этим нет оснований требовать безукоризненного выполнения в электродинамике основных законов динамики медленно движущихся тел.

Отметим, что необязательность выполнения третьего закона Ньютона для взаимодействий осуществляющихся посредством электромагнитных полей отмечается в [3; 8; 11]. Причиной нарушения принципа равенства действия и противодействия является наличие «промежуточного агента» – электромагнитного поля, обладающего соответствующей энергией и импульсом. Поле, создаваемое одной частицей (элементом тока), выступает по отношению к другим частицам как внешний объект, с которым они взаимодействуют, обмениваясь импульсом. При этом изменение импульса частицы в точности компенсируется импульсом поля. Расчёты показывают, что полный импульс поля и частиц при этом остаётся постоянным [9; 10].

Формула (1) является следствием основных (надёжно обоснованных и проверенных на опыте) закономерностей электронной теории: характеристики магнитного поля движущейся заряженной частицы и силы действия магнитного поля на движущуюся заряженную частицу (силы Лоренца):

$$\mathbf{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}q[\mathbf{xR}];\ \mathbf{F}_{л}=q[\mathbf{xB}]\,. \qquad (3)$$

Комбинируя эти выражения, находим силу магнитного взаимодействия пары движущихся зарядов:

$$\mathbf{F}_{12}=\frac{\mu_0}{4\pi R_{12}^3}[\mathbf{x}_2[\mathbf{x}_1\cdot\mathbf{R}_{12}]]\,. \qquad (4)$$

Данная закономерность и правило векторного сложения полей и сил позволяет рассчитать силу взаимодействия элементов электрического тока (как совокупности заряженных частиц) и доказать правильность выражения (1).

Таким образом, современная теория магнетизма приводит к формуле Грассмана, а не к формуле Ампера. Поэтому закономерность (1) является

полной формулировкой силы взаимодействия элементов электрического тока и, в связи с этим, нет необходимости (а по физическому смыслу нет оснований) прибавления к правой части формулы каких-либо слагаемых, исчезающих при интегрировании по замкнутому контуру.

Другое встречающееся в литературе утверждение о непознаваемости действия отдельных частей электрического тока друг на друга и отсутствие физического смысла в понятиях о малых участках цепи тока [2; 3; 6] не может быть признано неоспоримым фактом. Последовательно применяя положения современной электродинамики, оказывается возможным, в некоторых случаях, выделять в эксперименте действия отдельных частей тока и наблюдать возникающие при этом неуравновешенные силы [9; 10]. Кроме того, когда речь идет о взаимодействии параллельных токов, фактически пользуются выделением из замкнутых цепей отдельных прямых участков.

Таким образом, накопленные к настоящему времени сведения о магнитном взаимодействии электрических токов позволяют полностью отказаться от неоднозначной трактовки важнейшей закономерности электродинамики – формулы Грассмана и показать, что указанная формула является верным выражением силы взаимодействия элементов электрического тока, не нуждаясь в дополнительных слагаемых и уточнениях. Возникающее при этом противоречие с третьим законом Ньютона обусловлено участием в процессе взаимодействия электромагнитного поля, с которым частицы могут обмениваться соответствующим импульсом и энергией.

Литература:

1. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. – М.: Просвещение, 1974. – 312 с.

2. Калашников С.Г. Электричество. 5-е изд., испр. и доп. – М.: Наука, 1985. – 576 с.

3. Сивухин Д.П. Общий курс физики. Т.3. Электричество. – М.: Наука, 1997. – 688 с.

4. Тамм И.Е. Основы теории электричества. 7-е изд. – М.: Гостехиздат, 1957. – 620 с.

5. Телеснин Р.В., Яковлев В.Д. Курс физики. Электричество. − М.: Просвещение, 1969. – 488 с.

6. Кучерук І.М., Горбачук І.Г., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Т.2. Електрика і магнетизм. – К.: Техніка, 2001. – 452 с.

7. Парселл Э. Электричество и магнетизм. Пер. с анг. – М.: Наука, 1975. – 440 с.

8. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1. Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1997. – 416 с.

9. Сигалов Р.Г. Новые исследования движущих сил магнитного поля. – Ташкент: Фан, 1975. – 230 с.

10. Менумеров Р.М. О возможности демонстрации неуравновешенных

сил в электродинамических подсистемах. Зб. наук. пр. Вип. V. – Кривий Ріг: Вид. від. НМетАУ, 2005. – С. 235-239.

11. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 6. Электродинамика. Пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 347 с.

12. Ампер А.М. Электродинамика. – М.: Изд. АН СССР, 1954. – 468 с.

13. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. – М.: Высшая школа, 1983. – 512 с.

ЩОДО ПРИРОДИ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ ТА ІНШИХ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

А.С. Кандауров
м. Харків, Українська інженерно-педагогічна академія

Останнім часом прийнято вважати, що магнітне поле Землі зумовлене процесами, що протікають в розплавленому металевому ядрі планети. Як наслідок такої гіпотези, всі аргументи на її підтвердження виявилися настільки глибоко захованими у вогняній безодні, що перевірити їх фізичну спроможність не представляється можливим. Залишається без відповіді і питання про те: а чи тими самими причинами зумовлене магнітне поле Марса, Юпітера, Сонця, і чому воно відсутнє у Місяця, Меркурія та Венери? В літературі по геомагнетизму можна прочитати твердження, що "з періодом від сотень тисяч до десятків мільйонів років відбувається переполюсовка магнітного поля Землі". Але ж, не знаючи істинної природи геомагнетизму, така заява залишається не достатньо переконливою.

В пошуках більш адекватної гіпотези цієї проблеми, автор виходить із припущення, що ***магнітне поле Землі, як і будь-якого іншого космічного об'єкту, насамперед зумовлене їх власним обертанням.***

Фізична суть гіпотези полягає в тому, що при обертанні планети навколо власної вісі, вільні електрони, джерелом яких є, в першу чергу, метали та високотемпературне іонізоване ядро, під дією відцентрових сил інерції зміщуються до периферії, в результаті чого поверхня планети виявляється негативно зарядженою, підтвердженням чому може свідчити той факт, що наша Земля дійсно несе на собі від'ємний заряд. Оскільки фактичний вміст металів в планеті пропорційний її середній густині ρ, то сумарний заряд планети, утворений в результаті її обертання, можна представити як

$$Q \sim \omega^2 R\rho.$$

Обертання зарядженого тіла навколо власної вісі еквівалентно круговому витку зі струмом, при цьому сила еквівалентного струму пропорційна як заряду Q, так і кутовій швидкості ω, що приводить до виразу

$$I_{\text{экв}} \sim \omega^3 R\rho.$$

Цей струм, зумовлений власним обертанням планети, і створює її магнітне поле, інтенсивність якого можна представити як

$$B \sim \omega^3 R\rho.$$

Магнітна індукція, як відомо, істотно залежить від магнітного проникнення середовища, в даному випадку, від наявності в корі планети феромагнітних матеріалів, таких як залізо, кобальт, нікель та ін., точний вміст яких навіть у найближчих до нас планетах невідомий. Будемо виходити з того, що, чим більша середня густина планети, тим більший вміст в ній металів, в тому числі і феромагнітних. Таким чином, густина речовини двічі фігурує у визначенні інтенсивності магнітного поля об'єкту: спочатку – як показник

запасу вільних електронів, потім – як коефіцієнт магнітного проникнення середовища. Отже, у виразі для інтенсивності магнітної індукції поля планети густину ρ треба взяти в другому степені, тобто

$$B \sim \omega^3 \rho^2 R.$$

Приймаючи до уваги, що кутова швидкість $\omega = 2\pi/T$, де Т – період власного обертання, інтенсивність магнітного поля планети можна представити виразом

$$B \sim \rho^2 R/T^3.$$

Якщо при цьому радіус космічного об'єкту R вимірювати радіусами Землі, період обертання T – земними добами, а густину ρ – в одиницях густини нашої планети, то інтенсивність магнітного поля об'єкту також одержимо в одиницях інтенсивності магнітного поля Землі, і розрахункова формула прийме вигляд:

$$B = \rho^2 R/T^3 \qquad (1)$$

Цілком зрозуміло, що формула (1) є наближеною, але результати, одержані за її допомогою, добре співпадають з тими, що отримані шляхом космічних досліджень. Надійним підтвердженням на користь висунутої гіпотези є той факт, що всі повільно обертові об'єкти (Місяць, Меркурій, Венера) дійсно мають зникаючі слабкі магнітні поля, інтенсивність яких залишається далеко за порогом чутливості вимірювальних приладів. Навіть Сонце, яке виверженням потоків заряджених часток трясе магнітні поля своїх сателітів, збуджуючи на них «магнітні бурі», це світило, яке б здається повинне мати надзвичайно потужне власне магнітне поле, насправді, через малу кутову швидкість (1 оберт за 25 діб), має його в десять разів слабкішим за геомагнітне. А ось швидко обертовий Юпітер (див. таблицю) має досить сильне магнітне поле, яке по інтенсивності майже в 10 разів перевершує магнітне поле Землі. Про наявність магнітного поля Сатурна доки нічого не відомо, та розрахунки, виконані згідно формули (1), доводять, що Сатурн повинен мати своє магнітне поле, натомість таке, потужність якого вдвічі перевищує магнітне поле Землі.

Таблиця. Фізичні характеристики планет Сонячної системи

Назва космічного об'єкту	Радіус об'єкту в радіусах Землі, R	Густина об'єкту в одиницях густини Землі, ρ	Період власного обертання, T (діб)	Інтенсивність магнітного поля об'єкту, $B=\rho^2R/T^3$
Земля	1.000	1.00	1.00	1.00
Місяць	0.272	0.60	27.3	$5\cdot10^{-6}$
Меркурій	0.382	0.96	58.7	$2\cdot10^{-6}$
Венера	0.950	0.90	243	$5\cdot10^{-8}$
Марс	0.531	0.72	1.03	0.25
Юпітер	11.2	0.24	0.41	9.4
Сатурн	9.5	0.13	0.43	2.0

Втім, змістовна частина запропонованої гіпотези лише формулою (1) не вичерпується, і якщо ми вважаємо, що магнітне поле планети зумовлене її власним обертанням, то і магнітна вісь мала б співпадати з віссю обертання. Але фактор нерівномірного розподілу феромагнітних речовин в корі планети і наявність так званих "магнітних аномалій" спроможні викликати певне відхилення магнітної вісі від географічної, що вочевидь ми і спостерігаємо в умовах Землі. Щодо подальшого уточнення направлення магнітного поля від'ємно зарядженої кулі, яка обертається навколо власної вісі, то воно, згідно відомого "правила буравчика", направлене таким чином, що з того кінця вісі, звідки обертання кулі видно таким, що відбувається проти ходу годинникової стрілки, буде південний магнітний полюс, звичайно, що з протилежного кінця вісі буде північний магнітний полюс. Для Землі, як від'ємно зарядженої кулі, цей висновок повністю підтверджується, і на Північному географічному полюсі, звідки обертання планети видно таким, що відбувається проти ходу годинникової стрілки, дійсно знаходиться південний магнітний полюс, а в Антарктиді – північний магнітний полюс. Оскільки Марс, Юпітер, Сатурн обертаються в тому ж напрямку, що і Земля, то на північному географічному полюсі кожної з цих планет, як і на Землі, має знаходитись південний магнітний полюс. Цей висновок концентрує в собі всю суть викладеної гіпотези про природу магнітного поля космічних об'єктів і являється настільки принциповим, що підтвердження його для інших планет здатне остаточно визначити долю і самої гіпотези.

БАЛАНС ЭНЕРГИИ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ЗЕМЛЯ–ЛУНА

Ю.А. Курбатов, В.М. Марченко
г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Возраст Солнечной системы около 5 миллиардов лет. На ранней стадии формирования нашей планете достался естественный спутник – Луна. В настоящее время Луна находится на среднем геоцентрическом расстоянии 60,3 земных радиуса и обращается по орбите вокруг Земли с периодом T_n = 27,32 суток (это, так называемый, звездный или сидерический месяц) и со средней геоцентрической скоростью 1020 м/с. Луна медленно вращается вокруг своей оси в прямом направлении с периодом $P_л$, равным сидерическому месяцу. Такое синхронное вращение Луны по данным [1] возникло миллиарды лет назад, когда большие приливные силы навсегда повернули Луну к Земле одной стороной. Эти приливные силы были вызваны гравитационным воздействием на Луну со стороны Земли. Земля, в свою очередь, вращается вокруг своей оси, что в наше время обеспечивает продолжительность солнечных суток – 24 часа.

Во временном масштабе, сравнимом с продолжительностью одной человеческой жизни, эти динамические характеристики системы Земля – Луна практически остаются неизменными. Однако в течение миллиардов лет они пережили бурную эволюцию. В восьмидесятых годах прошлого столетия с помощью лазерной локации было установлено, что Луна удаляется от Земли со скоростью 38 миллиметров в год [2]. Там же были приведены результаты расчетов, проведенных сотрудниками Института физики Земли имени О.Ю. Шмидта АН СССР по динамике удаления Луны от Земли и продолжительности суток на Земле (см. таблицу).

Возраст Земли (млрд. лет)	Расстояние Земля – Луна $a_л$ в $R_З$	Продолжительность земных суток $P_З$ в часах
4.60	60.3	24.0
4.00	58.2	22.4
3.57	55.4	19.9
3.00	49.9	16.6
2.00	23.2	8.4
0.60	22.5	8.2

Как видно из таблицы Луна от Земли удаляется, а вращение Земли замедляется. Такова динамика долгосрочной эволюции в системе Земля – Луна. Основным виновником этой эволюции является Луна, которая вызывает своей гравитацией явление приливов и отливов на поверхности Земли [3]. В результате этого явления уровень морей и океанов дважды за 24 часа 52 минуты испытывает подъемы (приливы) и спады (отливы). Для более детального пояснения этого явления, воспользуемся рисунком, приведённым в [2], [3].

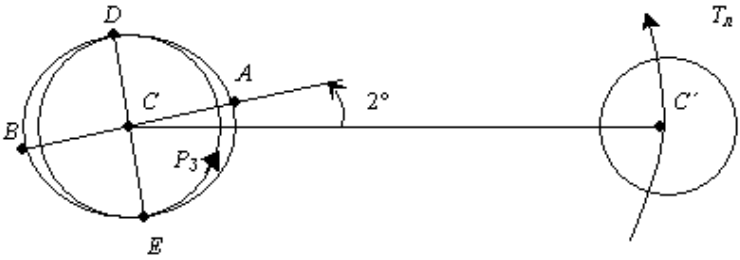


Рис. 1

Области A, C, B Земли находятся на разных расстояниях от C' (центра Луны). В этой связи силы, действующие на единичную массу в каждой из этих областей, будут различны и отличаться на величину $\frac{2GM_л R_З}{a_л^3}$. Это приводит к возникновению приливов в областях A и B, а в областях D и E в это время будут отливы океанических вод. Поскольку Земля вращается с большей угловой скоростью, чем вокруг нее обращается Луна ($T_л/P_З = 37{,}3$), вращение Земли будет немного увлекать за собой приливные горбы. В этой связи они оказываются не точно на межцентровой линии CC', а повернуты в сторону вращения Земли на угол около 2° [1]. Вызванная этим смещением асимметрия создает момент сил, замедляющий вращение Земли. В то же время, этот момент сил увеличивает орбитальный момент импульса Луны, так как приливные горбы тянут за собой Луну. Из-за этого воздействия Луна медленно удаляется от Земли, что и показали результаты лазерной локации Луны. Полная энергия Луны, движущейся по своей орбите, увеличивается. Действительно, согласно интегралу энергий для тела, находящегося на стационарной орбите в поле центрального тела, полная энергия отрицательна и равна $-\frac{GM_З M_л}{2a_л}$ [3]. Воспользовавшись данными по динамике $a_л$ из таблицы, оценим, на сколько увеличилась энергия орбитального движения Луны за 4 миллиарда лет:

$$\Delta E_л = \frac{GM_З M_л}{2R_З}\left(\frac{1}{22.5} - \frac{1}{60.3}\right) \approx 6{,}25 \cdot 10^{28}\,Дж\,, \qquad (1)$$

где $M_З$, $M_л$ – массы Земли и Луны, $R_З$ – радиус Земли.

Оценим потери вращательной энергии Земли за этот период времени. Оценку проведем с допущениями: масса Земли все это время была неизменной, форма Земли – неизменна.

$$\Delta E_З = 2\pi^2 I\left(\frac{1}{P_1^2} - \frac{1}{P_2^2}\right) \approx 1{,}62 \cdot 10^{30}\,Дж\,, \qquad (2)$$

где I – момент инерции Земли относительно оси ее суточного вращения, P_1,

P_2 – продолжительности земных суток 4 миллиарда лет тому назад и сейчас, взятые в секундах.

Для вычисления момента инерции Земли воспользовались формулой

$$I = 0{,}33 M_л R_З. \qquad (3)$$

При вычислении моментов инерции тел сферической формы используют коэффициент 0,4 в случае, если их объем образован веществом одинаковой плотности. В случае с Землей ситуация иная: средняя плотность ее 5,5 г/см^3, а внутреннее ядро имеет плотность почти в три раза большую [4]. Поэтому более тяжелое ядро Земли вносит непропорционально малый вклад и в кинетическую энергию вращения, и в момент инерции Земли. В этой связи воспользуемся рекомендацией [1] и применим коэффициент 0,33.

Сравнивая результаты вычислений по формулам (1) и (2), приходим к выводу, что только около 3,8 % энергии, потерянной Землей, идет на увеличение энергии Луны. Это неплохо согласуется с данными оценки доли мощности, теряемой Землей и передаваемой Луне [1]. Там оценка этой доли мощности вычисляется через отношение периодов вращения Земли и обращения вокруг нее Луны (1/27,3 = 3,7%). В этой связи, возникает вопрос: куда деваются остальные 96.2% энергии, теряемой Землей? Ответ очевиден: эта энергия расходуется на преодоление сил трения приливных течений о дно морей и океанов. Причем, чем мельче море и чем больше водное пространство, на котором разгоняется приливная волна, тем интенсивнее идет выделение приливной энергии. Оценим из наших данных тепловую мощность, выделяемую приливами. Для этого результат, полученный в (2) поделим на продолжительность потери этой энергии, т.е. на 4 миллиарда лет:

$$\Delta E/\Delta t = 1{,}3 \cdot 10^{12}\ Вт.$$

Полученный результат по порядку величины неплохо согласуется с ранее известными оценками [1]. Вся эта мощность идет на разогрев океанических вод, т.е. в конечном счете, на увеличение температуры Земли. Однако по сравнению с тепловой мощностью, получаемой Землей от излучения Солнца, эта мощность на пять порядков меньше, поэтому ее вклад в тепловой баланс Земли незначителен. Проведем анализ изменения моментов импульсов Земли и Луны. Момент импульса Земли со временем уменьшается, так как уменьшается скорость ее вращения. У Луны орбитальный момент импульса $M_л\sqrt{GM_З a_л}$ увеличивается за счет увеличения геоцентрического расстояния Луны $a_л$. В целом же момент импульса системы Земля–Луна остается практически постоянным в течение длительного времени. По данным таблицы, приведенной в начале этой статьи, можно проследить динамику убыли числа дней за год (т.е. за сидерический период Земли) в течение всей истории Земли. Для этого предположим, что 4 миллиарда лет тому назад Земля имела среднее гелиоцентрическое расстояние то же, что и сейчас, следовательно, ее сидерический период был тем же $T_З$ = 365,25 суток, т.е. состоял из 8766 объективных атомных (физических) часов.

Тогда число дней в году в какую-то эпоху будет $n_i = \dfrac{8766}{P_{3i}}$.

Результат этих вычислений представлен на рис. 2.

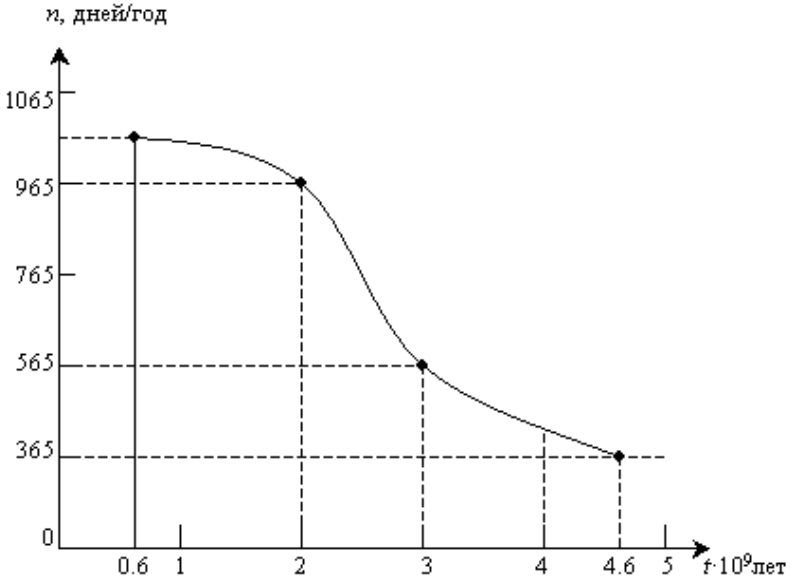


Рис. 2.

По данным таблицы можно оценить и ежегодное увеличение земных суток, что составит величину порядка 14.2 мкс/год. Это неплохо согласуется с данными, приведенными в [1].

Литература

1. Бялко А.В. Наша планета – Земля. – М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1989.
2. Наука и жизнь. – 1987. – №10.
3. Дагаев М.М., Демин В.Г., Климишин И.А., Чаругин В.М. Астрономия. – М.: Просвещение, 1983.
4. Магницкий В.А. Модели Земли. – М.: Знание. – Серия «Физика». – 1978. – №8.

ОТКРЫТИЯ УЧЕНЫХ-ФИЗИКОВ В 1957–1987 ГОДАХ

О.В. Толстенко
г. Днепропетровск, Днепропетровская государственная аграрная академия

Развитие науки неизменно связано с большим количеством различных поощрений, присуждаемых авторам за научные достижения. Открытия в различных областях науки, процесс интернациональный. Несомненно, наивысшей, «элитной» среди премий в области естественных наук является Нобелевская премия. Однако существует большое количество наград, премий, званий, присуждаемых ученым национальными научными организациями и фондами. В каждой промышленно развитой стране происходят открытия, которые в научных кругах получают международное признание.

На территории СССР существовала государственная регистрация научных открытий (с 1957 г. до распада Советского Союза). Открытия регистрировались в области естественных наук – физике, химии, геологии, биологии и медицине. Работы украинских ученых занимают достойное место в этом реестре. Авторами открытий становились сотрудники институтов Академии наук Украины, высших учебных заведений.

Проведем анализ открытий в области физики, получивших Нобелевские премии и открытий ученых бывшего СССР, в период с 1957 по 1987 г.г., используя информацию из справочников [1; 2]. Начнем с 1957 г., т.к. в этом году был зарегистрирован диплом №1, «эффект Кабанова», имевший приоритет от 1947 г.

Не вдаваясь в детали можно отметить тот факт, что в 1958 г. «эффект Черенкова» (авторы – П.А. Черенков, И.М. Франк, И.Е. Тамм) был отмечен Нобелевской премией. До 1987 г. Нобелевская премию по физике получали еще трижды (в 1962 г. – Л.Д. Ландау, в 1964 г. – Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, в 1978 г. – П.Л. Капица). Лауреаты Нобелевской премии были соавторами открытий, зарегистрированных в Советском Союзе. А.М. Прохоров – открытия № 65, №143; Л.Д. Ландау – открытие №123; П.Л. Капица – открытие №87.

За 1957–1987 гг. Нобелевской премией было отмечено 31 научное открытие по физике. В Советском Союзе за 30 лет было зарегистрировано более 170 открытий в области физики, из них 17 получено украинскими учеными (10%). Надо отметить, что количество таких открытий и их авторов, в отличие от Нобелевской премии, не регламентировалось. Так, в 1970 г. было зарегистрировано 13 открытий в физике. Приоритетные научные труды и изобретения могли быть опубликованы в отечественных изданиях. Последнее было немаловажным фактором в условиях секретности работ и ограниченных возможностях публикаций за пределами СССР. В среднем за год в рассматриваемый период, регистрировалось 6 открытий.

Существует взаимосвязь между открытиями в физике ученых бывшего

СССР, отмеченных Нобелевской премией и количеством регистрируемых открытий в СССР. Данные представлены в таблице. С запаздыванием, в среднем на 4 года, наблюдается увеличение количества регистрируемых открытий.

Год	Количество открытий в СССР (в физике)
1958 (Нобелевская премия)	0
1959	0
1960	1
1961	0
1962 (Нобелевская премия)	**3**
1963	0
1964 (Нобелевская премия)	4
1965	6
1966	**10**
1967	5
1968	3
1969	4
1970	**13**
–	–
1978 (Нобелевская премия)	5
1979	8
1980	9
1981	7
1982	**10**

За тридцать лет, с 1957 г. по 1987 г., происходит стабильное увеличение количества регистрируемых открытий, однако это не приводит к качественному прорыву, среди них нет ни одного, отмеченного Нобелевской премией по физике.

Общая тенденция открытий показывает, что наибольшее их количество за приведенный промежуток времени приходится на атомную и ядерную физику (более 50%). Украинские ученые, если рассматривать по традиционным разделам физики, получили наилучшие результаты в области физики твердого тела, электричества и магнетизма. Такая специализация вызвана тем, что научные открытия были побочным продуктом исследований для нужд предприятий военно-промышленного комплекса. К сожалению, направления исследований на Украине кардинально не изменились и по настоящее время, поэтому получения выдающихся достижений, признанных на мировом уровне, ожидать не приходится.

Литература:

1. Чолаков В. Ученые и открытия. – М.: Мир, 1987.-368 с.
2. Азаров А.М. Открытия ученых СССР. – К.: Наукова думка, 1988. – 319 с.

Наші автори

Атаманчук Петро Сергійович, д.пед.н., професор, завідувач кафедри методики викладання фізики і дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського державного університету (*дидактики середньої та вищої фізичної освіти; еталонні вимірники якості знань; об'єктивізація контролю; технології управління результативним навчанням фізиці; управління процесом навчально-пізнавальної діяльності*)

Баракін Владилен Васильович, доцент кафедри фізики Севастопольського національного технічного університету (*теорія та методика викладання фізики*)

Барановський Валерій Михайлович, к.ф.-м.н., професор кафедри організації комплексного захисту інформації Європейського університету (*методика викладання фізики з використанням інформаційних технологій*)

Безлєпкін Анатолій Андрійович, к.ф.-м.н., старший науковий співробітник 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 (*радіофізика*)

Бешевлі Борис Іванович, к.т.н., доцент кафедри загальної фізики та дидактики фізики Донецького національного університету (*дидактика фізики*)

Бобринська Інна Сергіївна, студентка 5-го курсу Криворізького державного педагогічного університету (*електромагнетизм та методика його навчання, нові інформаційні технології*)

Бурак Володимир Іванович, учитель-методист, старший викладач кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету (*методика навчання фізики, зокрема електромагнетизму*)

Валійов Борис Михайлович, завідувач лабораторії кафедри експериментальної фізики фізичного факультету Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (*лекційний фізичний демонстраційний експеримент*)

Василівський Сергій Юрійович, викладач кафедри організації комплексного захисту інформації Європейського університету (*методика викладання фізики з використанням інформаційних технологій*)

Галущак Мар'ян Олексійович, д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри фізики новітніх технологій, директор Інституту фундаментальної підготовки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

Гельфгат Ілля Маркович, завідувач кафедри фізики Харківського фізико-математичного ліцею №27 (*методика викладання фізики, фізичний експеримент*)

Гетманова Олена Євгенівна, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики Харківського національного університету радіоелектроніки (*комп'ютерне моделювання фізичних процесів, нелінійні коливання, комп'ютерна графіка*)

Голобородько Віра Анатоліївна, вчитель фізики Криворізького гумані-

тарно-технічного ліцею (*пошук та апробація інтерактивних форм роботи при викладанні фізики, пошук шляхів формування мотиваційної сфери*)

Горбань Оксана Олександрівна, к.х.н., с.н.с., доцент Донецького фізико-технічного інститут ім. О. Галкіна НАН України (*математичне моделювання хімічних реакцій*)

Горбань Сергій Васильович, к.ф.-м.н., доцент кафедри екології та фізики Донецького державного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського (*фізика твердого тіла*)

Грибенко Олександр Геннадійович, студент Криворізького державного педагогічного університету

Грицьких Олексій Володимирович, учитель І категорії Луганської фізико-математичної школи №1

Грищенко Сергій Миколайович, завідуючий фізичними лабораторіями Європейського університету (*методика викладання фізики з використанням інформаційних технологій*)

Гуманський Олександр Олександрович, студент Криворізького державного педагогічного університету

Даньшева Світлана Олегівна, к.пед.н., доцент Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури (*теорія та методика викладання фізики*)

Денисенко Олександр Іванович, к.т.н., доцент кафедри фізики Національної металургійної Академії України (*інформаційні технології в навчанні фундаментальних дисциплін; програмно-апаратні комплекси для багатоканальних діагностик і керувань; лазерна діагностика плазми*)

Денисенко Сергій Олександрович, спеціаліст по керуванню і обслуговуванню систем Національної металургійної Академії України (*інформаційні технології і програмно-апаратні комплекси для багатоканальних діагностик і керувань*)

Дон Наталя Леонідівна, старший викладач кафедри загальної та прикладної фізики Херсонського національного технічного університету (*поліморфізм та його вплив на спектри одночастинкових збуджень в одновісних кристалах типу* $A_3^{II}B_2^{V}$)

Єгоренков Володимир Володимирович, студент Харківського національного технічного університету "ХПІ" (*фізика і техніка високих напруг, фізичний експеримент*)

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*)

Єчкало Юлія Володимирівна, аспірант Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (*теорія та методика навчання фізики*)

Журба Геннадій Васильович, магістрант кафедри фізики Криворізького

державного педагогічного університету (*удосконалення та реформування системи освіти України в контексті Болонського процесу*)

Задорожній Віталій Миколайович, вчитель фізики Криворізького природничонаукового ліцею (*використання комп'ютера у вивченні фізики*)

Задорожній Микола Іванович, вчитель математики та фізики Новоюлівської загальноосвітньої школи (*комп'ютерні технології навчання*)

Задорожній Микола Миколайович, студент Криворізького державного педагогічного університету (*комп'ютерні технології навчання*)

Кадченко Валентина Миколаївна, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики, декан фізико-математичного факультету Криворізького державного педагогічного університету (*удосконалення та реформування системи освіти України в контексті Болонського процесу*)

Кандауров Андрій Стефанович, старший викладач Української інженерно-педагогічної академії

Коновал Олександр Андрійович, к.ф.-м.н., доцент, завідувач кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету

Копанець Євген Григорович, д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри фізики Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури (*теорія та методика викладання фізики*)

Корсак Костянтин Віталійович, к.ф.-м.н., професор, зав. відділом Інституту вищої освіти АПН України (*теорія і практика викладання фізики, оновлення програм курсів фізики, управління вищою освітою, реформи освіти, компаративістика*)

Косенко Олександра Іванівна, к.ф.-м.н., доцент Національного аграрного університету України (*теорія і практика викладання фізики, оновлення програм курсів фізики*)

Крот Юлій Євгенович, к.т.н., професор Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури (*фізика твердого тіла, методика викладання фізики, історія фізики*)

Кузнєцова Олена Яківна, к.т.н., доцент кафедри теоретичної фізики Національного авіаційного університету (*фізичні властивості паливно-мастильних матеріалів; педагогіка*)

Куліш Віктор Васильович, д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри теоретичної фізики Національного авіаційного університету (*фізична електроніка; педагогіка*)

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*)

Лисенко Руслан Борисович, аспірант Севастопольського національного технічного університету (*теорія і методика професійної освіти, методика викладання фізики, дидактичні умови організації навчальної роботи студентів*)

Лучицький Роман Мирославович, к.ф.-м.н., доцент Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

Мазалова Юлія Георгіївна, студентка фізичного факультету Донецького національного університету (*дидактика, міжпредметні зв'язки*)

Мамедова Юлія Сергіївна, студентка магістратури 5-го курсу Криворізького державного педагогічного університету (*електромагнетизм та методика його навчання*)

Марченко Вікторія Михайлівна, магістрант кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету (*фізика та астрономія*)

Мендерецький Вадим Владиславович, к.пед.н., доцент, докторант кафедри методики викладання фізики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (*навчальний фізичний експеримент, методична система експериментальної підготовка майбутнього учителя фізики*)

Менумеров Рішад Мамбетович, к.ф.-м.н., доцент кафедри хімії та фізики Кримського інженерно-педагогічного університету (*електрика і магнетизм*)

Мінаєв Юрій Павлович, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики та методики її викладання Запорізького національного університету (*підготовка учнів старшої профільної школи до продовження фізичної освіти*)

Наумчук Микола Васильович, к.т.н., доцент Донецького державного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського (*фізика розчинів полімерів*)

Ольховська Жанна Петрівна, к.ф.-м.н., доцент Національного аграрного університету України (*теорія і практика викладання фізики, оновлення програм курсів фізики*)

Петченко Олександр Матвійович, д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри фізики Харківської національної академії міського господарства (*фізика твердого тіла*)

Погорілко Тетяна Миколаївна, асистент кафедри ЕТФА Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (*теорія і методика навчання фізики, психологія, педагогіка вищої школи*)

Погребняк Володимир Григорович, д.т.н., професор кафедри екології та фізики, проректор з міжнародних відносин Донецького державного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського (*фізика розчинів полімерів*)

Подус Галина Миколаївна, к.ф.-м.н., доцент Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури (*теорія та методика викладання фізики*)

Половина Галина Петрівна, к.ф.-м.н., доцент кафедри фізики Криворізького державного педагогічного університету

Половина Микола Никифорович, к.ф.-м.н., доцент кафедри теоретичної фізики Дніпропетровського національного університету (*теоретична фізика*)

Попова Тетяна Миколаївна, к.пед.н., доцент, завідувач кафедри вищої математики та фізики Керченського морського технологічного інституту (*гуманістична спрямованість фізичної освіти на засадах культурологічного підходу до навчання*)

Проказа Олександр Тихонович, к.пед.н., доцент кафедри фізики, член-кореспондент Міжнародної академії наук педагогічної освіти, почесний професор Луганського національного педагогічного університету імені Тараса Шевченко

Пустинникова Ірина Миколаївна, к.пед.н., доцент кафедри загальної фізики та дидактики фізики Донецького національного університету (*дидактика, штучний інтелект*)

Романенко Іда Дмитрівна, старший викладач Донецького державного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського (*методика викладання фізики*)

Русанова Оксана Олександрівна, асистент кафедри загальної фізики та дидактики фізики Донецького національного університету (*гідродинаміка*)

Семенихіна Олена Володимирівна, к.пед.н., старший викладач кафедри математики Сумського державного педагогічного університету ім. А.С. Макаренка (*використання нових інформаційних технологій при вивченні дисциплін фізико-математичного циклу*)

Семеріков Сергій Олексійович, к.пед.н., доцент кафедри інформатики та прикладної математики Криворізького державного педагогічного університету (*системне програмування, комп'ютерно-орієнтовані системи навчання, дидактика інформатики вищої школи*)

Сергієнко Людмила Григорівна, к.пед.н., доцент, заступник декана ФТОВ Красноармійського індустріального інституту Донецького національного технічного університету (*дидактика фундаментальної підготовки*)

Степанюк Анастасія Володимирівна, студентка 5-го курсу Криворізького державного педагогічного університету (*електромагнетизм та методика його навчання*)

Сусь Богдан Арсентійович, д.пед.н., професор кафедри загальної і теоретичної фізики Національного технічного університету України "КПІ" (*проблеми дидактики фізики*)

Тарасенко Микола Леонідович, к.ф.-м.н., доцент Криворізького технічного університету (*методика навчання фізики та математики у вищій школі*)

Теплицький Ілля Олександрович, к.пед.н., доцент кафедри інформатики та прикладної математики Криворізького державного педагогічного університету (*комп'ютерне моделювання, методика навчання інформатики, фізики*)

Тихонська Наталія Іванівна, старший викладач кафедри фізики та методики її викладання Запорізького національного університету (*методика навчання мови фізики учнів середньої загальноосвітньої школи*)

Толстенко О.В., к.т.н., ст. викладач кафедри фізики та матеріалознавства Дніпропетровського державного аграрного університету (*фізика металів, металознавство*)

Цоцко Віталій Іванович, старший викладач кафедри фізики Дніпропетровського державного аграрного університету (*металофізика, біофізика*)

Чаговець Борис Миколайович, вчитель фізики Криворізького природничонаукового ліцею (*методика викладання фізики*)

Чуйко Геннадій Петрович, д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедрою загальної та прикладної фізики Херсонського національного технічного університету (*фізика твердого тіла, моніторинг суспільних відносин*)

Шут Микола Іванович, д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри загальної фізики Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова (*проблеми дидактики фізики*)

Ярошева Олександра Іванівна, к.ф.-м.н., доцент Донецького державного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського (*фізика, екологія*)

Зміст

Розділ І. Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу ... 3
М.І. Шут, Б.А. Сусь. Інтерактивні заняття як основа інноваційних технологій навчання у вищих навчальних закладах ... 4
В.В. Куліш, О.Я. Кузнєцова. Деякі особливості організації роботи студентів за модульно-рейтинговою технологією навчання ... 10
Л.Г. Сергиенко. Методические аспекты разработки заданий для самостоятельной работы студентов с постепенным нарастанием сложности и проблемности ... 22
Г.В. Журба, В.М. Кадченко. Тестовий метод контролю знань з оптики в умовах кредитно-модульної організації навчального процесу ... 26
Б.І. Бешевлі, О.О. Русанова. Досвід впровадження кредитно-модульної системи при вивченні курсу загальної фізики ... 35
Н.Л. Дон. Розробка рейтингової системи оцінювання знань студентів з курсу загальної фізики ... 39
В.Г. Погребняк, С.В. Горбань, О.О. Горбань. Критерії оцінювання знань з фізики у рамках кредитно-модульної системи навчання ... 43
Р.М. Лучицький, М.О. Галущак. Комплексне методичне забезпечення самостійної роботи студентів з фізики очної та дистанційної форм навчання ... 47
Т.М. Погорілко. Задачі підвищеної складності з термодинаміки як елемент контролю ... 50

Розділ ІІ. Комп'ютерне моделювання в навчанні фізики ... 54
О.В. Семеніхіна. Комп'ютерний пакет Maple і можливість його застосування при вивченні фізики ... 55
Е.Е. Гетманова. Изучение физики при создании компьютерных игр ... 59
Ю.В. Єчкало. Реалізація методу моделювання під час розв'язування навчальних фізичних задач ... 65
І.О. Теплицький, С.О. Семеріков. Комп'ютерне моделювання рухів тіл в центральному полі зі змінним потенціалом ... 69
В.М. Барановський, С.Ю. Василівський, С.М. Грищенко. Оптимізація лабораторного практикуму з фізики в умовах кредитно-модульної системи за допомогою інформаційних технологій ... 79
А.В. Безуглий, О.М. Петченко. Комп'ютерне моделювання в молекулярній фізиці ... 84
Н.Л. Тарасенко. Метод молекулярной динамики как средство развития познавательной активности у студентов при изучении физики в высшей школе ... 89

Розділ ІІІ. Професійна підготовка вчителя фізики ... 92
П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький. Система експериментальної підго-

товки майбутнього вчителя фізики 93
А.В. Грицких, А.Т. Проказа. «Интеллектуальный фон» и научные открытия как «веление времени» (методология научного познания в образовательном процессе) 100
Г.П. Половина, О.Г. Грибенко. Виконання творчої роботи учнем – шлях до активізації його навчально-пізнавальної діяльності 104
Г.П. Половина, В.А. Голобородько. Один з шляхів навчання без примусу . 109
Ю.П. Мінаєв, Н.І. Тихонська. Від слів до формул і від формул до слів 116
Б.М. Чаговець. Елементи евристичної технології розв'язування задач з фізики 122
Т.Н. Попова. Реализация культурно-регионального компонента физического образования при проведении межпредметных учебных экскурсий .. 127
І.М. Пустинникова, Ю.Г. Мазалова. Використання на заняттях з фізики міжпредметних зв'язків фізики з біологією 137
М.М. Задорожній. Побудова графіків послідовних рухів одного тіла за допомогою ППЗ *GRAN*1*W* 142
В.И. Цоцко. К вопросу об относительности силы 147
Г.П. Половина, О.О. Гуманський. Поняття електрорушійної сили в шкільному курсі фізики 149
В.І. Бурак, А.В. Степанюк. Методика навчання розділу "Електричні явища і електричне поле" в основній школі 156
В.І. Бурак, І.С. Бобринська. Методика навчання розділу "Магнітні явища і магнітне поле" в основній школі 164
В.І. Бурак, Ю.С. Мамедова. Методика навчання розділу "Явище електромагнітної індукції і електромагнітне поле" в основній школі 169
М.І. Задорожній, В.М. Задорожній. Індивідуальні завдання для контролю знань з фізики 175

Розділ IV. Дидактика фізики вищої школи 179
Л.Г. Сергиенко. Предметная модель обучаемого по физике с учетом содержания специальных дисциплин 180
Е.Г. Копанец, Ю.Е. Крот, С.О. Даньшева, Г.Н. Подус. Использование материала специальных приложений для активизации познавательной деятельности студентов при изучении курса физики 188
О.І. Ярошева. Формування наукового світогляду та екологічної свідомості у процесі викладання фундаментальних дисциплін 191
Ю.Є. Крот. Особливості методики підготовки навчальних посібників з фізики 196
О.І. Косенко, Ж.П. Ольховська, К.В. Корсак. З приводу нової навчальної літератури з фізики – досягнення і проблеми 206
О.І. Денисенко, С.О. Денисенко. Особливості і діагностичні критерії енерговиділення забезпечуючих пристроїв при синтезі наноструктур 211
А.А. Безлепкин, С.П. Кунцевич. Наблюдение компенсации анизотропии

сверхтонких и дипольных полей в блоховских доменных границах 216
В.В. Баракин, Р.Б. Лысенко. К вопросу об обработке результатов эксперимента в лабораторном практикуме по общей физике 220
Б.М. Валійов, І.М. Гельфгат, В.В. Єгоренков, В.Д. Єгоренков. Взаємопов'язані рухи у експериментах з механіки 226
Б.М. Валійов, В.В. Єгоренков, В.Д. Єгоренков. Дослідження електромагнітних полів за допомогою люмінесцентної лампи 238
И.Д. Романенко, Н.В. Наумчук. Повышение эффективности обучения на лабораторных и практических занятиях в системе непрерывной подготовки студентов по физике 245
И.Д. Романенко, Н.В. Наумчук. О рациональном выборе системы отсчета при решении задач по курсу общей физики 250
Н.Л. Дон, Г.П. Чуйко. Інтерактивний навчально-методичний комплекс документів з курсу загальної фізики 253
М.Н. Половина. Класифікація законів збереження 256
О.А. Коновал. Принцип відносності і електромагнітне поле рухомої зарядженої частинки 258
Р.М. Менумеров. К вопросу о взаимодействии элементов электрического тока 263
А.С. Кандауров. Щодо природи магнітного поля Землі та інших космічних об'єктів 268
Ю.А. Курбатов, В.М. Марченко. Баланс энергии в динамической системе Земля–Луна 271
О.В. Толстенко. Открытия ученых-физиков в 1957–1987 годах 275

Наші автори 277

Наукове видання

Теорія та методика навчання
математики, фізики, інформатики
Випуск VI

В 3-х томах
Том 2

Підп. до друку 26.03.06
Папір офсетний №1
Ум. друк. арк. 16,67

Формат 80×84 1/16
Зам. №1-2603
Наклад 300 прим.

Жовтнева районна друкарня
50014, м. Кривий Ріг, вул. Електрична, 5
Тел. (0564) 664381

E-mail: cc@kpi.dp.ua