

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Криворізький національний університет

Теорія та методика
навчання математики,
фізики, інформатики

*Збірник наукових праць
Випуск X*

Том 2

Кривий Ріг
Видавничий відділ НМетАУ
2012

Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. Випуск X : в 3-х томах. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2012. – Т. 2 : Теорія та методика навчання фізики. – 312 с.

Збірник містить статті з різних аспектів дидактики фізики та астрономії і проблем їх викладання у ВНЗ 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. Соловійов, доктор фізико-математичних наук, професор
М.І. Жалдак, доктор педагогічних наук, професор, ак. НАПН України
Ю.С. Рамський, кандидат фізико-математичних наук, професор
В.І. Клочко, доктор педагогічних наук, професор
С.А. Раков, доктор педагогічних наук, професор
Ю.В. Триус, доктор педагогічних наук, професор
П.С. Атаманчук, доктор педагогічних наук, професор
В.Ю. Биков, доктор технічних наук, професор, ак. НАПН України
О.Д. Учитель, доктор технічних наук, професор
І.О. Теплицький, кандидат педагогічних наук, доцент (відповідальний редактор)
С.О. Семеріков, доктор педагогічних наук, професор (відповідальний редактор)

Рецензенти:

Г. Ю. Маклаков – д-р техн. наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету
А. Ю. Ків – д-р фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри фізичного та математичного моделювання Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського (м. Одеса)

Друкується згідно з рішенням ученої ради Криворізького металургійного факультету Національної металургійної академії України, протокол №8 від 14 березня 2012 р.

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ З ФІЗИКИ ЯК ВАЖЛИВИЙ ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ АГРАРНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАКЛАДІВ

П. С. Атаманчук¹, М. В. Торчук²

¹ Україна, м. Кам'янець-Подільський, Кам'янець-Подільський
національний університет імені Івана Огієнка

² Україна, м. Кам'янець-Подільський, Подільський державний
аграрно-технічний університет
michael.tmv@gmail.com

Сучасний стан викладання фізики у великій мірі залежить не тільки від матеріально технічної забезпеченості вищого навчального закладу, але й від підходів до процесу викладання. Методи, які використовуються для донесення необхідної інформації, відіграють неабияку роль. В залежності від обраного стилю навчання процес пояснення матеріалу з фізики може бути цікавим або ні. Оскільки фізика – це наука про навколишній світ, то неважко включити у відповідний матеріал лекційного, практичного, чи лабораторного заняття відомості, які будуть не тільки корисним, але й такими, що привернуть увагу слухачів. Зрозуміло, що критеріями вибору необхідної інформації для викладачів фізики є напрями підготовки студентів. Для прикладу, в аграрно-технічних університетах курс фізики в зв'язку зі специфікою слухачів може мати деякі відмінності в процесі викладання [3]. Так, переважання теоретичного матеріалу над практичним для студентів аграрних університетів деяких спеціальностей може не тільки ускладнити процес засвоєння нових знань, але й відбити інтерес до фізики в цілому.

Одним із завдань, що ставиться перед викладачем фізики в аграрно-технічному університеті, є визначення об'єктів вивчення в рамках пропонуваного курсу, вибір найбільш сприятливого варіанту проведення занять, адаптація їх до умов сільськогосподарських господарств.

Оскільки організація навчальних занять передбачає різні види навчальної діяльності студентів, які включають в себе: відвідування лекцій; вивчення теоретичного матеріалу; розв'язування конструкторських і дослідницьких задач та завдань; виконання лабораторно-практичних робіт. Існує велика кількість підходів за допомогою яких можна зацікавити студентів в тій чи іншій навчальній роботі і подати матеріал найбільш адаптованим до подальшої їхньої діяльності за обраним фахом.

На даний час існуючим проблемам, що пов'язані з викладанням фізики в вищих аграрних закладах України, нажаль, приділено не достатньо уваги. Так, можна відмітити роботи,, присвячені вирішенню деяких

питань викладання курсу фізики у вищих технічних навчальних закладах. Н. Б. Бурдейна провела дослідження фронтального і групового методу проведення лабораторних робіт з фізики у вищих будівельних навчальних закладах. Результати дослідження свідчать, що фронтальний метод є більш ефективним при проведенні лабораторних робіт у групах з великою кількістю студентів протягом першого семестру навчання [5]. Дані дослідження в певній мірі можна спроектувати на проведення занять в аграрно-технічних закладах. Ю. М. Оришин у [10] описав методику навчання курсу загальної фізики на засадах вдосконалення навчального фізичного експерименту і запровадження технологій вивчення нових комплексних тем, які охоплюють ключові поняття, закони і теорії фізики. Достатньо широко розглядаються питання, пов'язані з процесом вивчення спеціальних технічних дисциплін в вищих аграрних закладах, А. О. Есауловим [8]. М. М. Бондар розробила методику розвивального навчання загальноінженерних дисциплін на засадах формування творчого технічного мислення майбутніх аграрників у системі організаційних форм навчання з використанням проблемних, ігрових, евристично-діалогічних способів навчальної роботи [11].

Проте питанням, пов'язаним саме з викладанням фізико-математичних дисциплін в аграрно-технічних закладах України, приділяється недостатня увага. Деякі з дослідників в певній мірі висвітлили питання, пов'язані з методикою навчання фізико-математичних дисциплін. Так, О. Р. Гарбич-Мошора теоретично обґрунтовує методику формування творчих здібностей майбутніх інженерів-аграрників у процесі вивчення фізико-математичних дисциплін [6]. Л. Ю. Збаравською розроблено навчально-методичне забезпечення курсу фізики для студентів аграрно-технічних університетів, яке включає робочу програму курсу фізики, систему завдань до лекційних, лабораторних, самостійних, контрольних робіт, які імітують професійне мінідослідження та відображають елементи сільськогосподарської техніки та технологій [9].

Метою даної статті є висвітлення одного з підходів до пояснення навчального матеріалу для студентів аграрно-технічних університетів, його впливу на кінцевий рівень знань, їхню майбутню професійну діяльність під час виконання лабораторних робіт.

Особливістю викладання фізики в профільному навчальному закладі є його професійна спрямованість. Це висуває певні вимоги до змісту поданого матеріалу, найбільша ефективність якого буде забезпечена у тому випадку, якщо він міститиме не лише відповідні наукові та історичні факти, а й також приклади застосування фізичних знань у конкретних галузях [4].

Одним з видів діяльності студентів, де можна пов'язати курс фізики

з їхньою подальшою професійною діяльністю, можуть бути лабораторні та практичні заняття, які дозволяють викладачу створити умови для підвищення в студентів мотивації більш поглибленого вивчення фізики, розвинути їхній інтерес до предмета.

Перелік і кількість лабораторних робіт чітко визначено навчальною програмою з фізики, деякі зміни, що можна зробити, виходячи з особливостей викладання даного предмету у вищому навчальному закладі, не в повній мірі дають бажаний ефект, а саме, впливу курсу фізики на професійну складову навчання, на рівень усвідомлення необхідності знань з даного предмету.

Одним зі шляхів розв'язання цієї проблеми може слугувати використання в процесі проведення лабораторних робіт принципу професійної спрямованості. Для прикладу розглянемо лабораторну роботу «Вимірювання лінійних розмірів тіл». Під час проведення цього заняття перед викладачем повинні стояти такі вимоги:

1. Показати роль фізики в розвитку сільськогосподарського виробництва та, за можливості, подати історію розвитку сільськогосподарського виробництва в регіоні.

2. Показати, що вимірювання лінійних розмірів тіл постійно застосовуються в сільському господарстві, розширити уявлення студентів про способи вимірювання фізичних величин, ознайомити з методом оцінки результатів вимірювання.

В ході обговорення варто звернути увагу студентів на те, що вимірювання різних величин дійсно необхідні в сільському господарстві, наприклад, для розрахунків норми виробітку на умовну одиницю техніки, витрат на виконання певного виду роботи, наприклад, оранки поля, посіву, приростів у тваринництві тощо. Також важлива роль засобів експериментального дослідження полягає у тому, що використання лабораторного обладнання дозволяє розширити природну обмеженість органів чуття людини. Навчальна експериментальна діяльність дозволяє успішно та ефективно формувати у студентів конкретні образи, які адекватно відображають у свідомості реально існуючі природні явища, процеси та закони які їх об'єднують [7]. Враховуючи таку роль експериментального дослідження, слід використати дану можливість в ході вимірювань, пов'язаних із сільськогосподарським виробництвом.

3. Розширити уявлення студентів про вимірювальні прилади, сформувати навички роботи з вимірювальними приладами, створити умови для розвитку інтелектуально-творчих здібностей студентів.

4. Спонукаати студентів до подальшого пошуку інформації в даному напрямку.

Останнє можна здійснити за рахунок правильної організації само-

стійної роботи.

По закінченню лабораторного заняття студенти отримують індивідуальні завдання. Такі завдання повинні бути простими, або принаймні мають бути відомі джерела пошуку відповідної інформації. Як показує практика, це необхідно для того, щоб не завантажити, а зацікавити студента. Важкі завдання послабляють інтерес до теми, що вивчається, а в гіршому випадку і взагалі приглушають їхній інтерес.

Виконання лабораторних робіт є одним із видів інтеграції теоретичних знань і практичних умінь студентів у єдиний процес діяльності практико-дослідного характеру [5]. Зрозуміло, що на кінцевий рівень знань впливають усі частини курсу фізики, проте з даної точки зору можна відмітити, що теоретичні знання з фізики допомагають майбутнім інженерам-аграріям осмислювати сутність явищ і закономірностей; орієнтуватись у нових ідеях, технологіях, концепціях. Практично-прикладна підготовка значно розширює професійний кругозір фахівця, дозволяє цілісно бачити будь-яку наукову проблему або виробничу задачу, переводити теоретичні ідеї у площину практичних дій; визначати стратегію розв'язування задач та проблем, знаходити їх оптимальне рішення.

Можна стверджувати, що правильно вибраний підхід до виконання лабораторних робіт може усунути багато недоліків, таких як: неповне або нечітке розуміння студентами певних елементів виконання лабораторної роботи; нерозуміння необхідності виконання даної лабораторної роботи; низький рівень мотивації навчання; неефективне використання аудиторного часу; негативна емоційна атмосфера заняття, викликана байдужістю студентів. Прикладний характер виконання лабораторних робіт сприяє корекції та більш міцному засвоєнню теоретичних основ фізики.

Висновки. Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що правильно вибраний метод проведення лабораторних робіт є більш ефективним тоді, коли заняття мають професійну спрямованість.

Також слід зазначити, що проведений аналіз можливостей розвитку пізнавальної діяльності студентів у процесі виконання лабораторних робіт дозволяє значно розширити їхні дидактичні функції. Запропонований вище підхід до організації лабораторних робіт дозволяє: значно активізувати навчальну діяльність; поєднати теоретичний і практичний рівні навчального пізнання; підвищити інтерес до пошукової діяльності; сприяє кращому засвоєнню предметних знань, а також розвитку пізнавальної діяльності.

Перспективами подальшого дослідження є розробка методичних рекомендацій на основі професійно спрямованої орієнтації, які можна

буде застосовувати в навчальному процесі в аграрно-технічних університетах: методичні, експериментальні розробки, розробка нових ідей; а також залучення студентів до науково-дослідної роботи; підготовка та участь у науково-дослідних конференціях.

Література

1. Атаманчук П. С. Інноваційні технології управління навчанням фізики : монографія / Атаманчук П. С. – Кам'янець-Подільський : К-ПДП, 1999. – 174 с.

2. Атаманчук П. С. Інноватики компетентнісно-світоглядного виміру в підготовці майбутнього вчителя фізики / П. С. Атаманчук // Зб. наук. праць КПНУ ім. Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : КПНУ ім. Івана Огієнка, 2011. – Вип. 17 : Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія.

3. Атаманчук П. С. Професійно спрямована орієнтація навчання фізиці студентів аграрно-технічних університетів / П. С. Атаманчук, М. В. Торчук // Зб. наук. праць КПНУ ім. Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : КПНУ ім. Івана Огієнка, 2011. – Вип. 17 : Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія.

4. Бурдейна Н. Б. Методичні підходи до формування професійного світогляду майбутніх фахівців під час лекційних занять з фізики / Н. Б. Бурдейна, Л. Ю. Благодаренко, М. І. Шут // Зб. наук. праць КПНУ ім. Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : КПНУ ім. Івана Огієнка, 2011. – Вип. 17 : Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія.

5. Бурдейна Н. Б. Методи проведення лабораторних робіт з фізики у вищих будівельних навчальних закладах / Н. Б. Бурдейна, Л. Ю. Благодаренко, В. І. Клапченко // Зб. наук. праць КПНУ ім. Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : КПНУ ім. Івана Огієнка, 2009. – Вип. 15: Управління якістю підготовки майбутніх учителів фізики та трудового навчання.

6. Гарбич-Мошора О. Р. Розвиток творчих здібностей майбутніх інженерів-аграрників засобами фізико-математичних дисциплін: методичні рекомендації / О. Р. Гарбич-Мошора. – К., 2008. – 46 с.

7. Мендерецький В. В. Навчальний експеримент в системі підготовки вчителя фізики : монографія / Мендерецький В. В. – Кам'янець-Подільський : КПДУ, 2006. – 256 с.

8. Есаулов А. О. Методика контролю навчальних досягнень студентів

нтів-аграрників у процесі вивчення спеціальних технічних дисциплін : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теорія і методика навчання (технічні науки) / Анатолій Олексійович Есаулов ; Нац. аграр. ун-т. – К., 2005. – 20 с.

9. Збаравська Л. Ю. Навчально-методичне забезпечення курсу фізики для студентів аграрно-технічних університетів : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теорія і методика навчання (фізика) / Леся Юріївна Збаравська ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – К., 2010. – 20 с.

10. Орищин Ю. М. Теорія і практика вдосконалення курсу загальної фізики (сучасний навчальний експеримент) : монографія / Орищин Ю. М. – Львів : Панорама, 2003. – 264 с.

11. Бондар М. М. Педагогічні умови розвивального навчання майбутніх аграрників у процесі вивчення загальноінженерних дисциплін : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – теорія і методика професійного навчання / Марія Миколаївна Бондар ; Ін-т проф.-техн. освіти АПН України. – К., 2007. – 20 с.

РОЗВИТОК ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗДІБНОСТЕЙ УЧНІВ НА УРОКАХ ФІЗИКИ

Л. П. Баланенко

Україна, м. Кривий Ріг, Криворізький навчально-виховний комплекс
№35 «Багатопрофільний ліцей «Імпульс»
lbalanenko@yandex.ru

Фізика – наука експериментальна. Оскільки між фізикою-наукою і фізикою-навчальним предметом існує тісний зв'язок, процес навчання фізики полягає в послідовному формуванні нових для учнів фізичних понять і теорій на основі небагатьох фундаментальних положень, що спираються на дослід. У ході цього процесу знаходить відображення *індуктивний характер* встановлення причино-наслідкових зв'язків між явищами, зв'язків між величинами, що характеризують властивості тіл і явищ. Експеримент дає можливість з'ясувати кінетику, динаміку процесів і їхню енергетичну сутність, дозволяє здійснювати перевірку правильності наукових висновків і відкриттів нових закономірностей. Експеримент є засобом дослідження і винаходу нових приладів, машин, матеріалів, засобом перевірки придатності технічних проектів і технологічних процесів, тобто встановлення основних фізичних закономірностей на базі експерименту і дедуктивний характер виведення наслідків із встановлених таким чином закономірностей з використанням доступного для учнів математичного апарату.

Використання експерименту в навчально-виховному процесі з фізики дозволяє:

- показати явища, що вивчаються, в педагогічно трансформованому вигляді і тим самим створити необхідну експериментальну базу для їх вивчення;
- проілюструвати встановлені в науці закони і закономірності в доступному для учнів вигляді і зробити їх зміст зрозумілим для учнів;
- підвищити наочність викладання;
- ознайомити учнів з експериментальним методом дослідження фізичних явищ;
- показати застосування фізичних явищ, що вивчаються, в техніці, технологіях та побуті;
- посилити інтерес учнів до вивчення фізики;
- формувати політехнічні та експериментаторські навички.

Навчальний експеримент виступає одночасно як метод навчання, джерело знань і засіб навчання.

Навчальний експеримент безпосередньо зв'язаний з науковим фізи-

чним експериментом, під яким розуміють систему цілеспрямованого вивчення природи шляхом чітко спланованого відтворення фізичних явищ в лабораторних умовах з подальшим аналізом і узагальненням одержаних за допомогою приладів експериментальних даних. Від спостереження експеримент відрізняється активним втручанням у хід фізичних явищ за допомогою експериментальних засобів.



Науковий експеримент є основою навчального фізичного експерименту, якому він дає інструментальні засоби, методи дослідження і фактологічний матеріал. Але повної тотожності між ними немає. Головна відмінність полягає в тому, що науковий експеримент ставиться з метою дослідження природи і одержання нових знань про неї, а навчальний експеримент покликаний довести ці знання до учнів.

Навчальний експеримент не тотожний науковому, але має місце ряд загальних рис. Широке застосування експерименту в шкільному викладанні сприяє формуванню в учнів правильного уявлення про особливості наукового експерименту і сутність цього методу наукового дослідження, а також елементарних експериментальних умінь.

Етапи здійснення наукового експерименту:

- постановка гіпотези про те, що повинно бути при визначених діях;
- моделюються зміст, хід експерименту і його мета;
- розробляється спосіб і методика здійснення експерименту;
- створення матеріально-технічних умов, необхідних для безпосереднього здійснення експерименту (прилади, установки, приміщення); тільки тоді може бути поставлений власне сам експеримент, який включає спостереження, вимірювання і запис результатів спостережень і вимірювань;
- висновки, що формуються в результаті теоретичного аналізу і математичної обробки результатів вимірювання.

Розглянуті етапи наукового експерименту тією чи іншою мірою присутні й у навчальному експерименті. Чим вище рівень самостійності учнів, тим повніше представлені всі етапи.

Навчання школярів методики експерименту включає формування наступних експериментальних умінь:

- 1) самостійне формулювання мети досліджу;

2) формулювання й обґрунтування гіпотези, що лежить в основі експерименту;

3) виявлення умов, необхідних для постановки досліду;

4) проектування експерименту;

5) добір необхідних приладів і матеріалів;

6) складання експериментальної установки і створення необхідних умов для виконання досліду;

7) здійснення вимірювань;

8) проведення спостережень;

9) фіксування (кодування) результатів вимірювань і спостережень;

10) математична обробка результатів вимірювань;

11) аналіз результатів і формулювання висновків.

3 педагогічної точки зору демонстрація дослідів є необхідною при розв'язанні низки специфічних задач, а саме:

– для ілюстрації пояснень учителя. Ефективність засвоєння навчального матеріалу значно підвищується, якщо пояснення вчителя супроводжується демонстрацією дослідів. Адже в ході демонстрації вчитель має можливість керувати пізнавальною діяльністю учнів, акцентувати увагу на обставинах, найбільш важливих для розуміння суті навчального матеріалу, демонстрацій такого типу більш усього в обов'язковому мінімумі, передбаченому програмою;

– для ілюстрації застосування вивчених фізичних явищ та теорій в техніці, технологіях та побуті, демонстрація таких дослідів є необхідною не лише для ілюстрації зв'язків фізики з технікою, а й для підготовки учнів до життя в умовах сучасного технізованого суспільства. Ознайомлення з об'єктами техніко-технологічного характеру сприяє формуванню мотивації учіння фізики, дозволяє поглибити та систематизувати знання учнів про раніше вивчені фізичні явища;

– для збудження та активізації пізнавального інтересу до фізичних явищ та теорій. Ефективний демонстраційний експеримент може бути своєрідним поштовхом до активної пізнавальної діяльності учнів, особливо, якщо він носить проблемний характер. (Наприклад, демонстрація плавання сталеві голки на поверхні води створює проблемну ситуацію, яка може бути покладена в основу вивчення властивостей поверхневого шару рідини);

– для перевірки припущень, висунутих учнями в ході обговорення навчальних проблем.

Для того, щоб учні могли якісно оволодіти основами фізичного експерименту, необхідно створити систему завдань, виконання яких передбачало б формування експериментальних вмій. З цією метою можна використовувати експериментальні завдання творчого характеру (інак-

ше – ТЕЗ – творчі експериментальні завдання) та ЦОри (цифрові освітні ресурси), віртуальні лабораторії.

ТЕЗ відрізняються від типових задач чи лабораторних робіт тим, що ні ідея, ні хід виконання, а в більшості випадків і кінцевий результат учню не відомі і немає чіткого алгоритму їх виконання. Однак в працях, присвячених винахідництву в цілому і творчій діяльності учнів, існує тенденція до створення загального плану дій, який проте не гарантує успішного проходження учнями всіх його етапів самостійно, а відповідно, і виконання завдання без допомоги вчителя. Все ж виконання подібних завдань буде підготовкою до самостійного виконання творчих експериментальних завдань на другому ступені вивчення фізики та інших природничих предметів.

При написанні НДР найбільші труднощі викликає формування в учнів уміння правильно формулювати мету експерименту, висувати й обґрунтовувати гіпотезу, яку можна покласти в його основу. Тим часом природничі науки не можуть обійтися без висування гіпотез. У процесі вивчення природничо-наукових дисциплін, як правило, не проводиться спеціальне ознайомлення учнів зі змістом поняття «гіпотеза», хоча вони зустрічаються з ним при вивченні фізики (гіпотеза Ампера, гіпотеза Максвелла, гіпотеза Планка та ін.).

Уміння самостійно формулювати й обґрунтовувати гіпотезу впливає на виконання наступних структурних елементів експерименту: визначення умов проведення досліду, його проектування, аналіз результатів досліду і формулювання висновків. Для розвитку уміння висувати і обґрунтовувати гіпотезу можна застосовувати багато методів - метод проб і помилок, метод каталогу, морфологічного аналізу, метод контрольних питань, елементи ТРВЗ (АРВЗ– алгоритм розв’язування винахідницьких задач), «мозковий штурм».

Таким чином, під час виконання ТЕЗ здійснюється формування експериментальних вмінь учнів та їх розвиток вже на першому етапі вивчення фізики. Крім формуючої функції, такі завдання можуть виконувати і контролюючу функцію. Також можна буде більш об’єктивно оцінити навчальні досягнення учнів, особливо на високому рівні.

Щоб можна було гарантувати успішне виконання ТЕЗ, доцільно використовувати задачі-підказки, з допомогою яких методом аналогій можна виявити спосіб виконання творчого завдання.

З метою підвищення якості експериментальної частини на уроках фізики доцільно використовувати ЦОри, віртуальні лабораторії. Оскільки поряд з матеріальним забезпеченням, гостро постає проблема неможливості проведення дослідів з додержанням техніки безпеки.

Комп’ютерні моделі дозволяють наочно ілюструвати фізичні експе-

рименти і явища, відтворювати їх тонкі деталі, які можуть бути непоміченими спостерігачем під час спостережень реальних експериментів. Використання комп'ютерних моделей і віртуальних лабораторій надає унікальну можливість візуалізації спрощеної моделі реального явища. При цьому можна поетапно включати до розгляду додаткові чинники, які поступово ускладнюють модель і наближають до реального фізичного явища. Крім того, комп'ютер дозволяє моделювати ситуації, що не реалізуються експериментально в шкільному кабінеті фізики, наприклад, роботу ядерної установки або експерименти зі ртуттю.

Одним з недоліків навчання обдарованих дітей у школах різних типів є те, що фізика вивчається лише як природничо-наукова загальноосвітня дисципліна. Навіть обдаровані учні не зовсім уявляють собі значення отриманих у школі знань для їх подальшої практичної діяльності, зокрема наукової та інженерної. Але вся світова система, включаючи утворення світу в цілому, функціонує за фізичними законами. І який би шлях своєї реалізації вони не обрали після школи, знання з фізики є безумовним фундаментом для їх подальших успіхів.

Інша справа, що інструментарієм для оволодіння фізичними законами і їх використанням є математика, комп'ютерна інженерія, але тільки інструментарієм, необхідність в якому виникає під час пояснень все більш складних процесів.

Під час написання учнями наукових робіт, вони, як правило, свої дослідження закінчують графічними побудовами деяких залежностей, але їх узагальнення і сприйняття можливе тільки після певної математичної та комп'ютерної обробки, що на жаль не проводиться. Тому комп'ютерна обробка результатів досліджень, що проводяться в умовах старшої школи, є необхідною складовою навчання фізики.

Література

1. Бар'яхтар В. Г. Фізика 11 кл. : підручник для загальноосвітніх навчальних закладів. Академічний рівень. Профільний рівень / В. Г. Бар'яхтар, Ф. Я. Божинова, М. М. Кірюхін, О. О. Кірюхіна. – Харків : Ранок, 2011. – 320 с.
2. Гончаренко С. У. Фізика, 10 кл. : пробн. навч. посіб. для ліцеїв та кл. природн.-наук. профілю / Гончаренко С. У. – К. : Освіта, 1998. – 445 с.
3. Костенко Є. Ю. Фізико-хімічні процеси в напівпровідниках та діелектриках : навчальний посібник до спецкурсу [для студентів фізичного факультету] / Є. Ю. Костенко, О. С. Яновський. – Запоріжжя : ЗДУ, 2004. – 72 с.

НАТУРНО-ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРАКТИКУМ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ОСНОВА СОВРЕМЕННОЙ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

В. В. Баракин, А. А. Мосунов

Украина, г. Севастополь, Севастопольский национальный технический
университет
mosunovandrey@mail.ru

Модернизация высшего образования предусматривает широкое применение информационных технологий в учебном процессе. Между тем преподавание курса физики ведется с явным сокращением учебного времени, заметно сокращается плановая учебная нагрузка по естественнонаучным дисциплинам, а подготовленные в вузах специалисты не знакомы с новейшими достижениями и открытиями в естествознании и технике. Отмеченные вопросы уже неоднократно обсуждались на научных конференциях, однако положение с преподаванием физики не изменяется или даже ухудшается.

В данной работе предложены пути совершенствования учебного процесса при проведении лекций, практических и лабораторных занятий при активном использовании информационных технологий в обучении.

Рассмотрим некоторые примеры проведения лекционных и лабораторных занятий.

1. Лекции. В качестве примера приведем краткий фрагмент лекции по физике в пакете Mathcad для студентов первого курса технических университетов по теме «Преобразования Лоренца».

Given

$$x' = \alpha \cdot (x - v \cdot t) \quad (1). \quad \text{При этом} \quad \begin{matrix} x = c \cdot t \\ x' = c \cdot t' \end{matrix} \quad (2). \quad \text{Найдем } \alpha, x, t, x'.$$

$$x = \alpha \cdot (x' + v \cdot t')$$

$$Find(\alpha, x, x', t) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{c \cdot t' \cdot \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}}{c \cdot t' + t' \cdot v} & - \frac{c \cdot t' \cdot \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}}{c \cdot t' + t' \cdot v} \\ c \cdot t' \cdot \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} & - c \cdot t' \cdot \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \\ c \cdot t' & c \cdot t' \\ t' \cdot \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} & - t' \cdot \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \end{pmatrix} \quad (3).$$

Значит, $x = \frac{x'+vt'}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ $x' = \frac{x-vt}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ (4). Аналогично поступаем с t' :

$$t = \frac{x' \cdot \frac{v}{c^2} + t'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad t' = \frac{t - \frac{x \cdot v}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad (5).$$

Другие примеры использования пакета Mathcad приведены в работах [1; 2]. Рассмотрим далее некоторые примеры проведения натурно-виртуальных лабораторных занятий.

2. Натурно-виртуальный физический практикум в высшей школе.

2.1 «Изучение законов Кирхгофа для разветвленных электрических цепей».

2.1.1. Натурная лабораторная работа.

В качестве первого примера проведения натурно-виртуального практикума рассмотрим вначале методику выполнения натурной лабораторной работы физического практикума «Изучение законов Кирхгофа для разветвленных электрических цепей». Для проверки законов Кирхгофа собирается электрическая цепь, изображенная на рис. 1. Далее при помощи мультиметра необходимо измерить сопротивления всех резисторов, измерить ЭДС подключенных источников тока и падение напряжения на всех резисторах, фиксируя при этом знак и направление тока в них. При выполнении данной лабораторной работы необходимо рассчитать по закону Ома для исследуемых участков цепи силу тока в каждом участке цепи и, зная направления токов и их величину, проверить первый закон Кирхгофа для узлов в данной схеме (алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю: $\sum_i I_i = 0$). Далее не-

обходимо проверить выполнение второго закона Кирхгофа (в любом замкнутом контуре алгебраическая сумма падений напряжений равна алгебраической сумме ЭДС, включенных в данный контур, т.е.

$\sum_i E_i = \sum_k I_k R_k$). При этом расчеты рекомендуется проводить с помощью электронных таблиц.

обходимо проверить выполнение второго закона Кирхгофа (в любом замкнутом контуре алгебраическая сумма падений напряжений равна алгебраической сумме ЭДС, включенных в данный контур, т.е.

2.1.2. Виртуальная лабораторная работа.

Для выполнения виртуальной работы необходимо запустить программу «Открытая физика 1.1», выбрать раздел «Электричество и магнетизм», далее выбрать «Цепи постоянного тока», нажать в верхнем внутреннем окне кнопку с изображением страницы, собрать на экране цепь, показанную на рис. 2. Установить значения параметров ЭДС (E_1 , E_2),

величины резисторов r_{A1} , r_{12} , r_{13} , r_{23} , r_{1B} , r_{45} и r_{2C} для каждого элемента в соответствии с номером бригады студентов и вариантом.

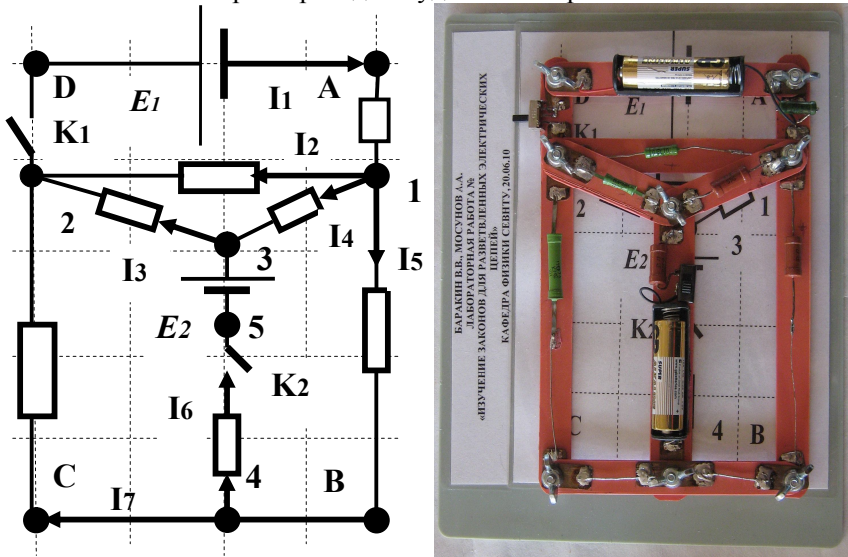


Рис. 1. Схема и экспериментальная установка для проверки законов Кирхгофа

Как и для натурной работы, необходимо проверить выполнение первого и второго законов Кирхгофа. Рассмотрите замкнутый контур $12DA1$ (рис. 1). Подключите вольтметр к узлам A и 1 . Нажмите «Счет» и запишите значение напряжения на резисторе r_{A1} . Далее определите напряжение на резисторе r_{12} . Для этого подключите вольтметр к узлам 1 и 2 , нажмите «Счет» и определите напряжение на резисторе r_{12} . Определите ЭДС батареи E_1 . Далее необходимо нажать кнопку «Счет». На экране дисплея (рис. 3) рабочей схемы появится рассчитанные на ЭВМ значения силы тока в различных точках изучаемой схемы. Проверьте выполнение второго закона Кирхгофа для исследуемого контура.

2.2. Натурно-виртуальная лабораторная работа «Исследование изменений полезной мощности и КПД источника постоянного тока в зависимости от его нагрузки»

2.2.1. Натурная лабораторная работа.

В качестве другого примера проведения натурно-виртуальной лабораторной работы рассмотрим методику выполнения натурной работы «Исследование изменений полезной мощности и КПД источника постоянного тока в зависимости от его нагрузки». На рис. 4 представлена электрическая схема и фотография экспериментальной установки натурной

лабораторной работы для изучения изменений полезной мощности и КПД источника постоянного тока в зависимости от его нагрузки. Детальное изложение методики выполнения данной лабораторной работы дано в [1].

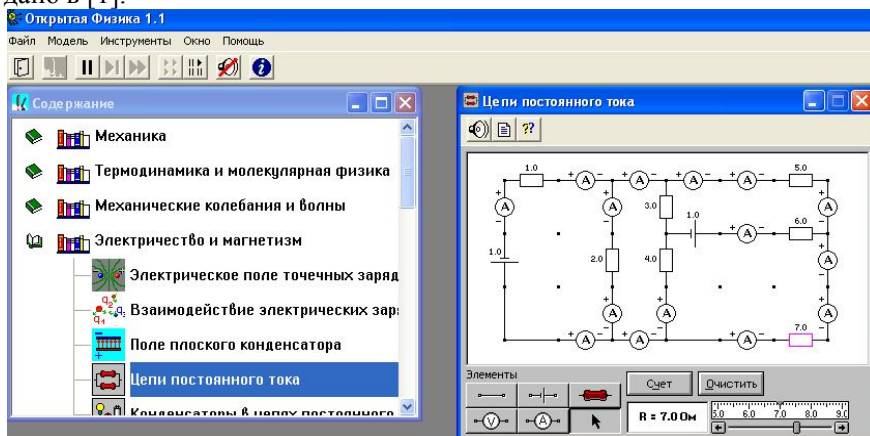


Рис. 2. Виртуальная лабораторная работа «Изучение законов Кирхгофа для разветвленных электрических цепей» до начала отсчета

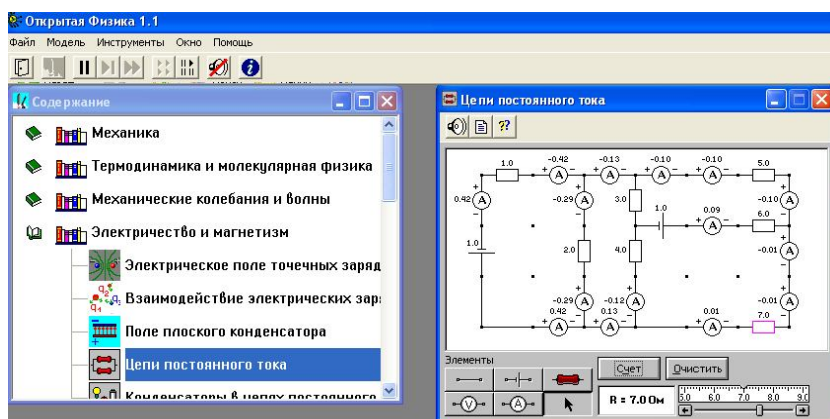


Рис. 3. Виртуальная лабораторная работа «Изучение законов Кирхгофа для разветвленных электрических цепей» с результатами отсчета

Кратко поясним теорию данной работы. Для этого рассмотрим электрическую цепь, содержащую источник постоянного напряжения с ЭДС E , внутренним сопротивлением r и двух последовательно подключенных к источнику тока резисторов с сопротивлениями R_1 и R_2 (рис. 4).

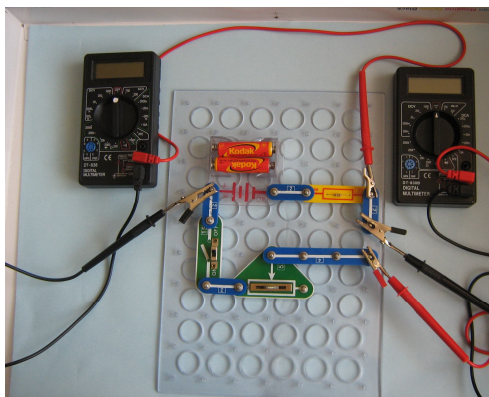
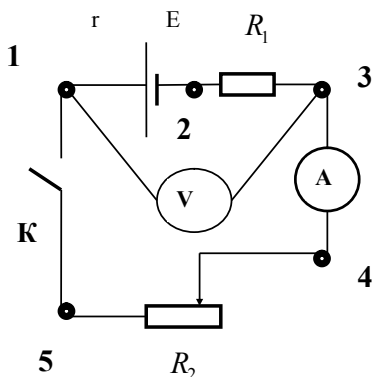


Рис. 4. Натурная лабораторная работа «Исследование изменений полезной мощности и КПД источника постоянного тока в зависимости от его нагрузки»

Тогда мощность, выделяемая на втором резисторе R_2 , определится по формуле: $P = I^2 R_2$ (6), $I = \frac{E}{r + R_1 + R_2}$ (7). Подставляя значение силы

тока из уравнения (8) в выражение (7), получим: $P = \frac{E^2 R_2}{(r + R_1 + R_2)^2}$ (8).

Определим, при каком сопротивлении R_2 , выделяемая на нем мощность принимает максимальное значение. Для этого исследуем выражение (8)

на экстремум. $\frac{dP}{dR_2} = \frac{E^2(r + R_1 - R_2)}{(r + R_1 + R_2)^3} = 0$ (9). Видно, что максимальная

мощность, на резисторе R_2 будет наибольшей, если $R_2 = r + R_1$ (10). При $R_1 = 0$ мощность на внешнем резисторе R_2 будет наибольшей, если величина сопротивления этого резистора будет равна внутреннему сопротивлению источника постоянного тока, т.е. $R_2 = r$.

Рассчитаем коэффициент полезного действия (КПД) источника постоянного тока при условии выделения полезной мощности на резисторе R_2 . По определению коэффициент полезного действия равен отношению полезной мощности на резисторе R_2 к полной мощности P :

$$\eta = \frac{P_2}{P} = \frac{I^2 R_2}{I^2 (r + R_1 + R_2)} = \frac{I R_2}{I (r + R_1 + R_2)} = \frac{V_2}{E} = \frac{R_2}{r + R_1 + R_2} \quad (11). \quad \text{Если}$$

$R_2 = r + R_1$, то коэффициент полезного действия при этом условии равен

$$\eta = \frac{P_2}{P} = \frac{R_2}{r + R_1 + R_2} = \frac{r + R_1}{2(r + R_1)} = 0,5 \quad (\text{или } 50\%) \quad (12). \quad \text{С другой стороны,}$$

КПД $\eta = \frac{P_2}{P} = \frac{V_2}{E} = \frac{E - I(r + R_1)}{E}$ (13). Из уравнения (7) видно, что при внешнем сопротивлении $R_2=0$ ток в цепи равен $I=E/(r+R_1)$ (14). При этом КПД $\eta=0$. Таким образом, $P=IV_2$ (10) и $\eta = \frac{V_2}{E}$ (15).

Программный код решения этой задачи в математическом пакете MATHCAD имеет вид:

$$P(R_2) := \frac{E^2 * R_2}{(r + R_1 + R_2)^2} \quad (16), \quad \frac{d}{dR} P(R_2) \text{ solve}, R_2 \rightarrow r + R_1 \quad (17).$$

Для выполнения реальной работы необходимо собрать электрическую цепь, представленную на рис. 4, подготовить мультиметры для измерения сопротивления, силы тока и напряжения. Далее необходимо определить ЭДС источника тока и, изменяя силу тока с помощью реостата R_2 , изучить зависимость силы тока от приложенного напряжения. Рассчитать по формулам 15 и 12 мощность, выделяющуюся на резисторе R_2 и КПД источника тока. Построить графики зависимостей мощности и КПД на резисторе R_2 от силы тока.

2.2.2. Виртуальная лабораторная работа «Исследование изменений полезной мощности и КПД источника постоянного тока в зависимости от его нагрузки».

В качестве примера использования информационных технологий рассмотрим далее методику компьютерного эксперимента и выполнение виртуальной лабораторной работы физического практикума «Исследование изменений полезной мощности и КПД источника постоянного тока в зависимости от его нагрузки». Для этого необходимо: установить компьютерную программу «Открытая физика 1.1» на ЭВМ и запустить установленную программу. Открыть содержание, запустить раздел «Электричество и магнетизм», открыть программу виртуальных лабораторных работ «Цепи постоянного тока». Собрать виртуальную электрическую цепь, представленную на рис. 5.

Компьютерный эксперимент позволяет исследовать зависимость силы тока от величины сопротивления двух последовательно соединенных резисторов. Изменяя сопротивление этих резисторов от 2 до 20 Ом, запишите показания амперметра и вольтметра после нажатия кнопки «Счет» (рис. 5). Величину внутреннего сопротивления и значения ЭДС можно менять, например, в соответствии с данными таблицы:

Номер бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
$E, \text{ В}$	10	9	8	7	6	5	4	3
$r, \text{ Ом}$	2	3	4	5	6	7	8	9

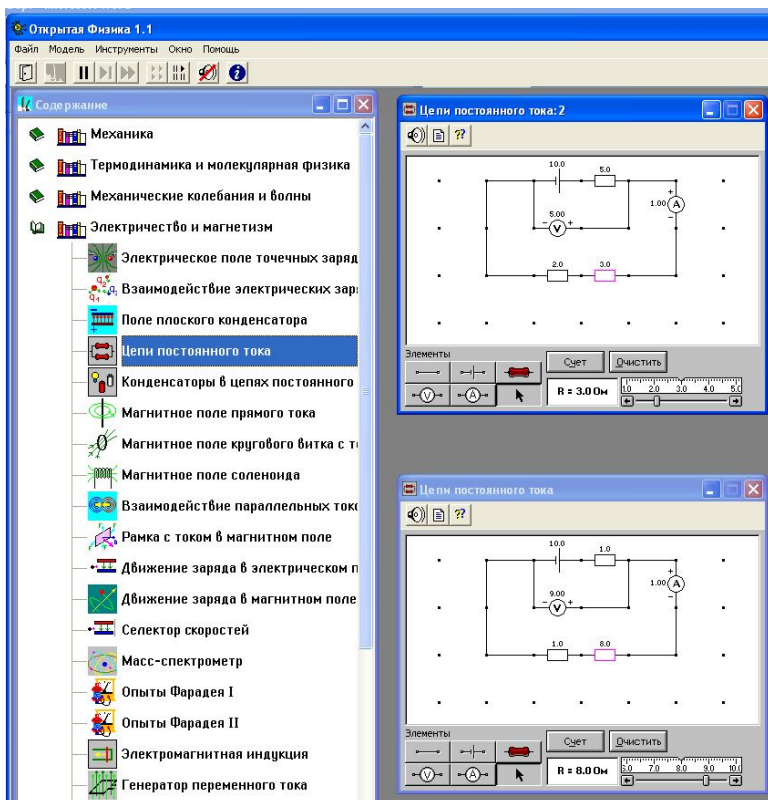


Рис. 5. Электрическая схема виртуальной лабораторной работы.

2.3. Натурно-виртуальная лабораторная работа «Изучение разряда конденсатора и определение его емкости».

2.3.1. Натурная лабораторная работа.

Параллельное проведение натурно-виртуальных лабораторных работ в значительной степени способствует улучшению качества подготовки инженерных кадров. На рис. 6, 7 представлена электрическая схема и экспериментальная установка лабораторной работы для изучения разряда конденсатора и определения его емкости. На рис. 8 изображена виртуальная работа, которая используется для этих же целей. Детальное пояснение методики выполнения данной лабораторной работы изложено в [2].

Рассмотрим вначале краткую методику выполнения данной натурной лабораторной работы. Поясним основные физические процессы, происходящие при разряде конденсатора в цепи, состоящей из конденсатора C и сопротивления R (рис. 6). Сообщим обкладкам конденсатора

разноименные заряды. Тогда в цепи возникнет электрический ток I и заряд на обкладках конденсатора будет убывать по экспоненциальному закону $I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ (18), где $\tau = RC$ называется постоянной времени цепи.

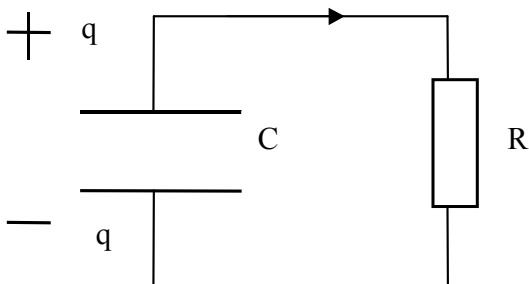


Рис. 6. Принципиальная схема лабораторной работы по изучению разряда конденсатора

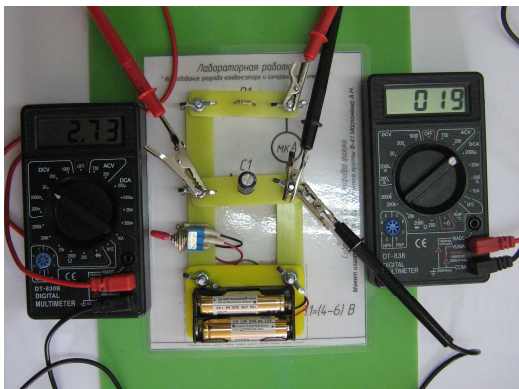
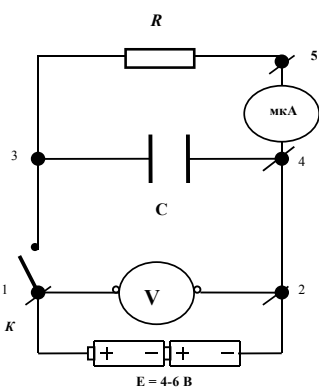


Рис. 7. Электрическая схема установки для изучения разряда конденсаторов и измерения емкости.

При $t = \tau$ из уравнения (18) следует, что $I = I_0/e$. Таким образом, постоянная времени τ равна тому промежутку времени, при котором сила тока в цепи уменьшается в e раз. Из выражения (18) следует также, что $\ln I_0/I = t/RC$. Построив в полулогарифмическом масштабе зависимость $\ln I_0/I$ как функцию времени, можно найти постоянную времени цепи и емкость конденсатора.

В натурной работе применяются электролитические конденсаторы емкостью 400–2500 мкФ, рассчитанные на напряжение 6–12 В. Резистор R имеет сопротивление 100–150 кОм, в качестве источника постоянного напряжения применяются электрические батарейки с ЭДС 1,5 В. Для

измерения тока и напряжения используются мультиметры.

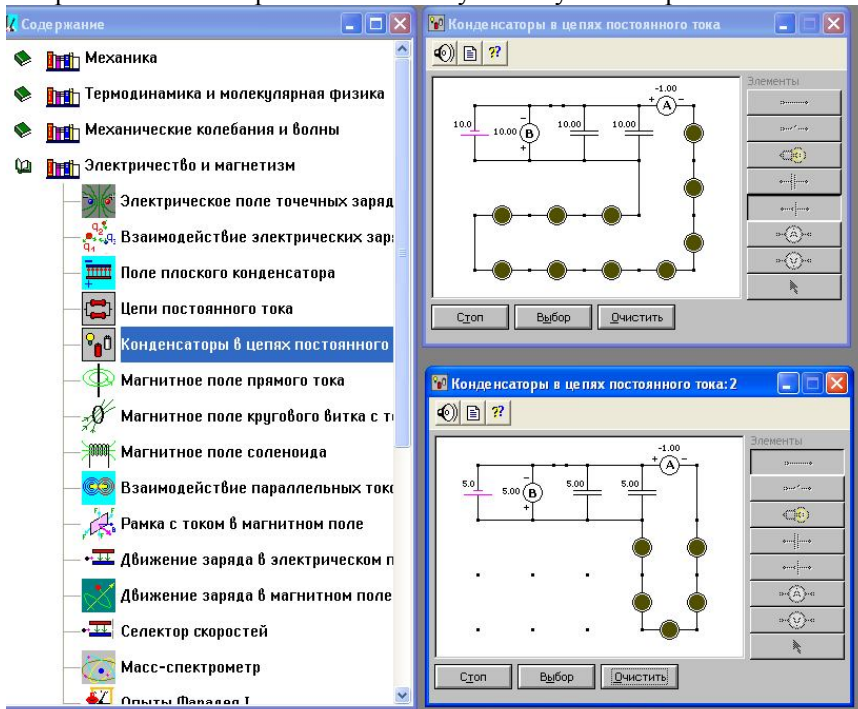


Рис. 8. Виртуальная лабораторная работа для изучения разряда конденсатора и измерения его емкости

Порядок выполнения экспериментальной работы при этом сводится к следующим процедурам: подключение к клеммам 4 и 5 микроамперметра для измерения тока. Замыкается ключ K и определяется начальный ток I_0 . Далее отключается источник постоянного тока от конденсатора, исследуемый конденсатор разряжается через сопротивление резистора R , ток со временем уменьшается. Проводим при этом измерения силы тока через каждые 10–20 с. Построив график зависимости $\ln I_0/I$ от времени, определяется тангенс угла наклона экспериментальной прямой к оси времени $\operatorname{tg} \varphi = (\Delta \ln I_0/I) / \Delta t = 1/RC$ и по известному значению сопротивления резистора R рассчитывается емкость исследуемого конденсатора C .

2.3.2. Виртуальная лабораторная работа.

В качестве примера использования информационных технологий рассмотрим далее методику выполнения виртуальной лабораторной работы «Исследование разряда конденсатора и определение его емкости».

Компьютерный эксперимент позволяет исследовать зависимость силы тока от времени при разряде конденсатора неизвестной емкости. Эксперимент предусматривает проведение исследований при различных сопротивлениях, подключенных к конденсатору. При этом на экране дисплея ЭВМ выводятся данные силы тока в цепи и напряжение при разряде исследуемого конденсатора.

Порядок выполнения виртуальной работы сводится к следующим процедурам: запуск компьютерной программы «Открытая физика 1.1», выбор вкладки «Конденсаторы в цепях постоянного тока», сборка электрической цепи, представленной на рис. 7, 8.

Далее необходимо установить максимальную ЭДС используемых в цепи источников постоянного тока (10 В или другое значение по заданию преподавателя или номеру варианта). После нажатия кнопки «Старт» и включения ключа K конденсатор начнет заряжаться до установленного значения ЭДС, в цепи потечет электрический ток, установившееся значение которого показано в верхней части амперметра. Выключите ключом K источник постоянного тока от цепи. Конденсаторы при этом будут разряжаться через соединенные последовательно электрические лампочки. Ток при этом будет уменьшаться во времени. Значения тока фиксируются в верхней части амперметра. Расчет емкости проводится, как и при выполнении реальной работы.

Таким образом, активное внедрение в учебный процесс информационных технологий, обоснованной системы параллельного проведения натурального и виртуального физического эксперимента позволяет надеяться на улучшение качества подготовки специалистов и получения элитного образования в высшей школе. Предложенные принципы организации учебной работы могут также значительно повысить качество и эффективность заочного и дистанционного образований.

Литература

1. Баракин В. В. Методика проведения натурно-виртуального практикума в технических университетах «Исследование изменений полезной мощности» / В. В. Баракин, А. А. Мосунов, В. А. Сигаев // Материалы VII Международной научно-технической конференции БФФХ-2011. – Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2011. – С. 357-359.

2. Баракин В. В. Натурно-виртуальный практикум, информационные технологии – основа современной методики изучения физики в технических университетах. «Исследование разряда конденсатора и определение его емкости» / В. В. Баракин, А. А. Мосунов // Материалы VII Международной научно-технической конференции. БФФХ-2011. – Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2011. – С. 346-348.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАНЬ ЛІНІЙНОГО ТА НЕЛІНІЙНОГО ОСЦИЛЯТОРА

А. В. Безуглий, О. М. Петченко, А. С. Сисоєв
Україна, м. Харків, Харківська національна академія міського
господарства
adventure@online.ua

Значне місце при вивченні курсу фізики завжди належало лабораторному практикуму. В зв'язку з впровадженням в навчальний процес дистанційного форми навчання невідкладним стає завдання по створенню достатньо широкої номенклатури віртуальних лабораторних робіт. При їх наявності можна не тільки вивчати різноманітні фізичні явища, а й створювати умови для формування комп'ютерних практикумів, що відповідали б певним напрямкам навчання.

Метою запропонованої віртуальної лабораторної роботи є вивчення вимушених коливань лінійного та нелінійного осцилятора під дією зовнішньої гармонічної сили, коли квазіпружна (повертаюча) сила має: 1) лінійну та 2) нелінійну залежність від зміщення, явища резонансу в таких коливальних системах.

1. Вказівки з організації самостійної роботи

Вимушені коливання, які відбуваються під дією нелінійної повертаючої сили описуються диференціальним рівнянням:

$$x'' + 2\delta x' + \omega_0^2 (x + \gamma x^3) = F/m \cos(\Omega t + \varphi) \quad (1)$$

де $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ – власна частота осцилятора;

δ – коефіцієнт згасання $\delta = r/2m$;

r – коефіцієнт опору;

m – маса осцилятора;

F_0 – амплітуда вимушуючої сили;

Ω – частота вимушуючої сили;

γ – стала величина, яка характеризує нелінійність повертаючої сили.

Коли вимушуюча сила діє за лінійним законом $F_x = -kx$, $\gamma = 0$, в системі встановлюються гармонічні коливання з частотою Ω вимушуючої сили

$$X = A \cos(\Omega t + \varphi) \quad (2)$$

де амплітуда A та початкова фаза φ визначаються за формулами:

$$A = (F_0/m) / \sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\delta^2 \Omega^2};$$
$$\varphi = \arctg(2\delta\Omega / \omega_0^2 - \Omega^2) \quad (3)$$

При певній для даної системи частоті (резонансній частоті)

$$\omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2} \quad (4)$$

амплітуда коливань досягає максимального значення:

$$A_p = (F_0/m)/2\delta \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2} \quad (5)$$

Коли повертаюча сила є нелінійною функцією зміщення, вона може бути представлена у вигляді ряду

$$F_x = -k(x + \gamma x^3 + \dots) \quad (6)$$

Коли коефіцієнт γ позитивний ($\gamma > 0$), квазіпружна сила більша, ніж у лінійному випадку. Якщо це сила пружності пружини, то таку пружину називають «жорсткою». Коли $\gamma < 0$, сила менша, ніж у лінійному випадку, і пружину називають «м'якою». На рис. 1 представлені криві залежності квазіпружної сили від зміщення X відповідно: (1) – для лінійної залежності, (2) – для «жорсткої» пружини, (3) – для «м'якої» пружини.

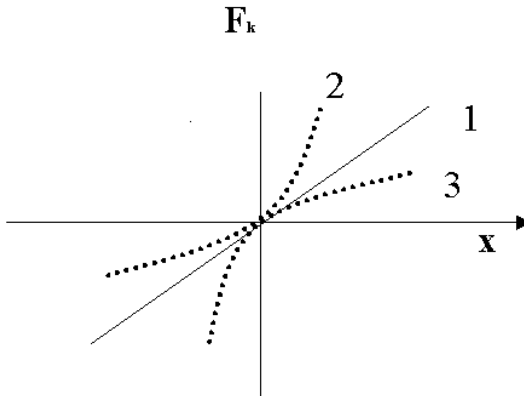


Рис. 1

В системі з нелінійною повертаючою силою такий резонанс, як у лінійному випадку, неможливий.

Якщо $\gamma > 0$, властива частота збільшується з ростом амплітуди. Отже, на кривій залежності амплітуди від частоти максимум буде нахилений вправо (рис. 2а). Якщо $\gamma < 0$, максимум буде нахилений вліво. Таким чином, одному значенню частоти відповідає кілька значень амплітуди і можливі ударні скачки амплітуди. Якщо графік залежності $A(\omega)$ будуватиметься, починаючи із значень $\omega < \omega_p \approx \omega_0$, крива йде по шляху *cdef*, якщо починати із значень $\omega < \omega_0$, по шляху *fekc*.

2. Опис комп'ютерної програми

Для вивчення вимушених лінійних та нелінійних коливань використовується режим програми $A(\omega)$, який дозволяє отримувати залежність амплітуди коливань від частоти як у випадку лінійних ($\gamma = 0$), так і нелі-

нійних коливань ($\gamma > 0$, $\gamma < 0$). На екран виведені кнопки: k – жорсткість пружини; r – величина опору; m – маса частини, яка коливається; F_0 – амплітуда сили; γ – коефіцієнт нелінійності; h – крок для побудови плавної кривої $X(t)$; hw – крок, який впливає на плавність кривої $A(\omega)$; tstart, tstop – кнопки, які регулюють початок та кінець побудови графіка $X(t)$; wstart, wstop – кнопки, які визначають межі побудови графіка $A(\omega)$; X_0 – початкове зміщення; V_0 – початкова швидкість. Інтерфейс програми наведений на рис. 3.

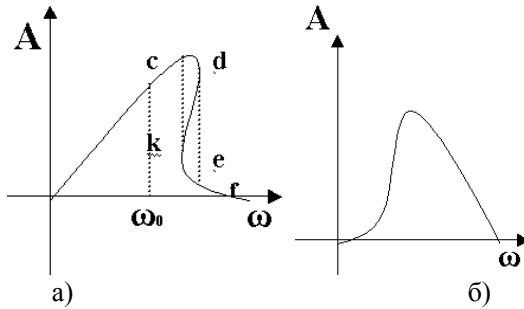


Рис. 2

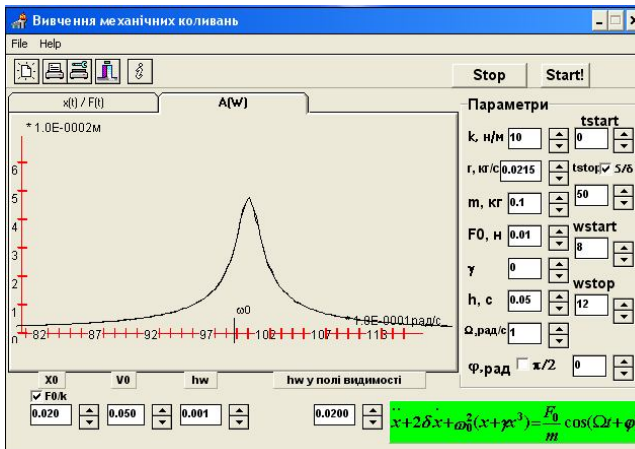


Рис. 3

3. Інструкція користувача

1. Визначити властиву частоту осцилятора ω_0 .
2. Вибрати режим роботи: $X(t)$. Встановити крок $h=0,005$. Задати значення величин згідно з таблицею 1.
3. Отримати графіки $X(t)$ коливань при $\gamma=0$ при початкових умовах $X(0)=X_0$, X_0 – згідно з табл. 1, $V(0)=V_0=0$ у трьох V випадках :1) $\Omega < \omega_0$,

2) $\Omega \approx \omega_0$, 3) $\Omega > \omega_0$. Зарисувати (якісно) отримані графіки.

Вказівки:

- 1) Якщо криві виходять ломаними зменшіть крок h ($h_{\min} = 0,001$).
- 2) Якщо встановлення амплітуди коливань відбувається за екраном, збільшити час переглядання.
4. Повторити операції п. 3 при початкових умовах $X(0)=0$, $V(0)=V_0$.
5. Встановити режим програми $A(\omega)$. Отримати графіки залежності $A(\omega)$ при трьох значеннях коефіцієнта опору $r=0,01$; $0,05$; $0,1$ (покласти $\gamma=0$). Зарисувати (якісно) на одному графіку три резонансних кривих. Зробити висновок про вплив величини згасання на ширину резонансної кривої та максимальне значення амплітуди коливань (параметри k та m встановити згідно з таблицею 1).

Таблиця 1

№ вар.	$k \left(\frac{H}{m} \right)$	m (кг)	X_0 (м)	$V_0 \left(\frac{m}{c} \right)$	№ вар.	$k \left(\frac{H}{m} \right)$	m (кг)	X_0 (м)	$V_0 \left(\frac{m}{c} \right)$
1	4	0,1	0,02	0,2	7	18	0,1	0,04	0,2
2	6	0,1	0,02	0,4	8	2	0,1	0,04	0,4
3	8	0,1	0,02	0,6	9	4	0,1	0,04	0,6
4	12	0,1	0,02	0,8	10	6	0,1	0,04	0,8
5	14	0,1	0,02	1,0	11	8	0,1	0,04	1,0
6	16	0,1	0,02	1,2	12	12	0,1	0,04	1,2

6. Надаючи позитивні значення γ (випадок «жорсткої пружини»), отримати резонансну залежність $A(\Omega)$. Зарисувати (якісно) отриману криву.

7. Надаючи негативні значення γ (випадок «м'якої пружини»), спостерігати на екрані резонансну криву. Зарисувати (якісно) отриману криву.

Відповідні залежності наведені на рис. 4, 5.

Зробити висновок відносно впливу нелінійності на форму резонансної залежності та величину резонансної частоти ω_0 в порівнянні з лінійним випадком ($\gamma=0$).

4. Зміст звіту та вказівки до обробки і аналізу результатів

Проаналізувати графіки, отримані в пп. (3÷7). Звіт по роботі повинен містити графіки та висновки за пунктами (3÷7).

5. Контрольні запитання

1. Які коливання називаються вимушеними?
2. Запишіть рівняння, яке описує вимушені коливання. Який вигляд має його розв'язок?
3. В чому полягає явище резонансу? При яких умовах воно може виникнути? Проаналізуйте вирази для амплітуди коливань та зсуву фаз

між швидкістю та силою.

4. Коли виникають нелінійні коливання?

5. Чим відрізняються резонансні криві для нелінійних коливань від кривих для лінійних коливань?

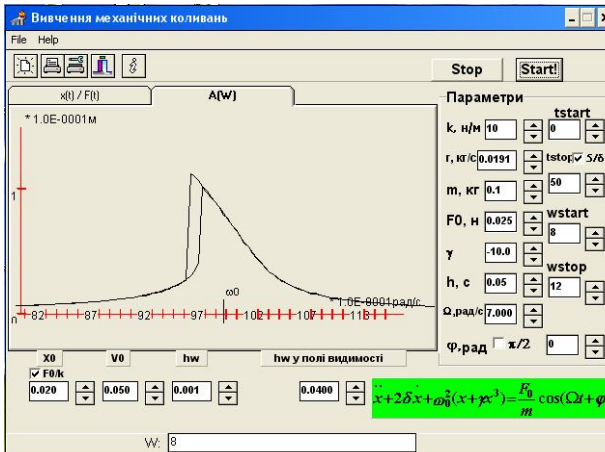


Рис. 4

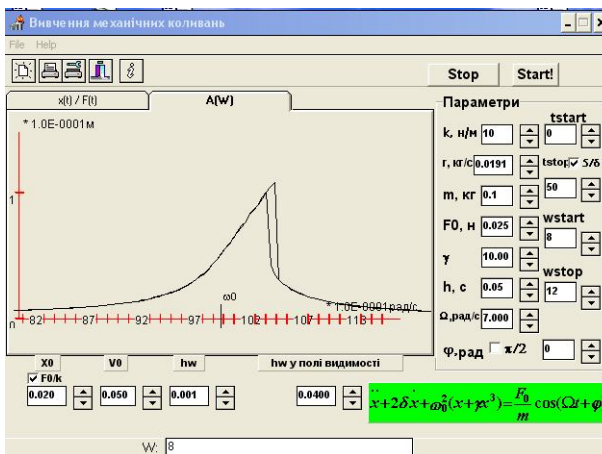


Рис. 5

Література

1. Савельев И. В. Курс общей физики. Т. 1. – М. : Наука, 1989. – 511 с.
2. Лабораторный практикум по физике. Ч. 1 / Под ред. В. А. Базакуцы. – Харьков, 1969. – 243 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Т. В. Бирюкова, Е. В. Буслаева

Украина, г. Алчевск, Донбасский государственный технический
университет
tanokbir@mail.ru

Современный преподаватель высшего учебного заведения активно использует в образовательном процессе информационные компьютерные технологии. Спектр применения компьютерных технологий довольно широк и многообразен. Преподавательский состав кафедры радиофизики Донбасского государственного технического университета уделяет большое внимание информатизации образования: ведется разработка новых обучающих и контролирующих средств, проектируются рабочие программы, основанные на использовании компьютерных технологий. Основные направления использования компьютерных технологий следующие:

- визуальная информация (иллюстративный, наглядный материал);
- демонстрационный материал (компьютерное моделирование и эксперимент);
- контроль умений, навыков студентов.

Рассмотрим одно из возможных направлений применения информационных компьютерных технологий – тестирование.

Компьютерные тесты, как и на бумажном носителе, могут быть обучающими и контролируемыми. Они имеют ряд преимуществ:

- при оценке знаний исключается субъективный подход преподавателя;
- проверка качества усвоения не только практического, но и теоретического учебного материала;
- возможность детальной проверки каждой темы курса;
- осуществление оперативной диагностики результата, овладение учебным материалом каждым студентом;
- экономия учебного времени при проверке знаний и оценке результатов обученности;
- оживление процесса обучения.

Тесты проверки знаний применяются на всех этапах учебного процесса. С их помощью обеспечивается предварительный, текущий, тематический и итоговый контроль. Для анализа и оценки уровня подготовки студентов по дисциплине и качества преподавания результаты тестирования представляются в унифицированных формах.

Для специальности «Радиофизика и электроника» преподавателями кафедры радиофизики по изучаемым дисциплинам разработан пакет тестов, осуществляющих тематический и итоговый контроль обученности. Ниже приведены данные для дисциплин «Нетрадиционные источники энергии» и «ЭВМ-эксперимент». Результаты тематического контроля по курсу позволяют в динамике проследить степень усвоения изучаемого материала и сравнить с полученной в конце курса обучения оценкой. При этом итоговая оценка включает в себя оценки по всем видам контроля (семестровое задание, выполнение лабораторных работ, коллоквиум).

Таблица 1

**Распределение испытуемых по проценту выполненных заданий
(дисциплина «Нетрадиционные источники энергии»)**

Процент выполненных заданий	Оценка	Количество студентов	Процент студентов
Тема 1			
91%-100%	отлично	2	17
71%-90%	хорошо	1	8
51%-70%	удовлетворительно	5	42
0%-50%	неудовлетворительно	4	33
Тема 2			
91%-100%	отлично	6	50
71%-90%	хорошо	1	8
51%-70%	удовлетворительно	2	17
0%-50%	неудовлетворительно	3	25
Тема 3			
91%-100%	отлично	6	50
71%-90%	хорошо	4	33
51%-70%	удовлетворительно	-	-
0%-50%	неудовлетворительно	2	17
Тема 4			
91%-100%	отлично	1	8
71%-90%	хорошо	11	92
51%-70%	удовлетворительно	-	-
0%-50%	неудовлетворительно	-	-

По гистограмме определяется характер распределения результатов для данной группы тестируемых, что позволяет выделить группы студентов с различным уровнем подготовки.

Таблица 2

Итоговая оценка

оценка	количество студентов	процент студентов
отлично	5	41,6
хорошо	5	41,6
удовлетворительно	2	17
неудовлетворительно	–	–

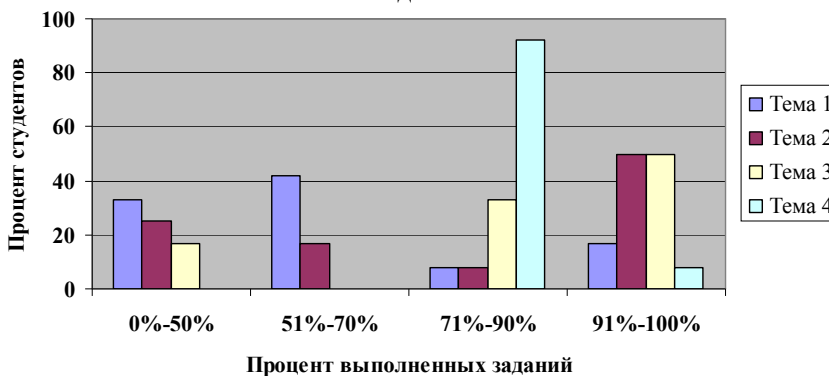
Гистограмма распределения результатов по проценту выполненных заданий

Таблица 3

Распределение испытуемых по проценту выполненных заданий по дисциплине «ЭВМ-эксперимент»

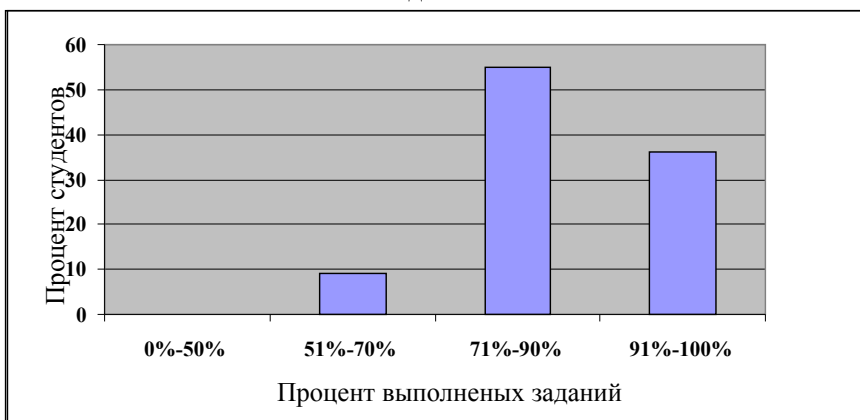
процент выполненных заданий	оценка	количество студентов	процент студентов
91%-100%	отлично	4	36
71%-90%	хорошо	6	55
51%-70%	удовлетворительно	1	9
0%-50%	неудовлетворительно	-	-

Таблица 4

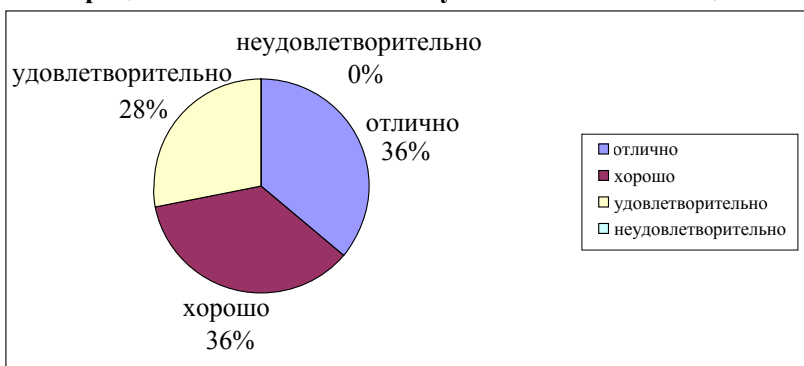
Итоговая оценка

оценка	количество студентов	процент студентов
отлично	4	36
хорошо	4	36
удовлетворительно	3	28
неудовлетворительно	-	-

Гистограмма распределения результатов по проценту выполненных заданий



Процентное соотношение полученных итоговых оценок



Приведенные формы позволяют сравнить результаты тестирования разных групп студентов у разных преподавателей, сравнить показатели освоения дисциплины студентами данной программы с другими программами, проследить изменения уровня освоения дисциплины в динамике за определенный временной период.

ІНТЕРАКТИВНЕ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ

О. С. Бузян, О. М. Трифонова

Україна, м. Кіровоград, Кіровоградський державний педагогічний
університет імені Володимира Винниченка
lesya.buzyan@mail.ru

Одним із шляхів розв'язання проблеми підвищення ефективності навчального процесу у школі є використання педагогічної технології інтерактивного навчання, адже нетрадиційні уроки краще запам'ятовуються учнями, викликають зацікавленість і бажання взяти активну участь в уроці, надають можливість урахувати індивідуальні особливості кожного учня, вчити учнів працювати в команді.

Інтерактивне навчання – спеціальна форма організації пізнавальної діяльності, яка має конкретну передбачувану мету – створити комфортні умови навчання, за яких кожен учень відчуває свою успішність, інтелектуальну спроможність [2].

Організація інтерактивного навчання передбачає моделювання життєвих ситуацій, використання рольових ігор і спільне вирішення проблеми на основі аналізу обставин та відповідної ситуації.

Мета даної статті полягає в акцентуванні уваги на особливостях організації, перевагах та недоліках інтерактивного навчання фізики в загальноосвітній школі.

Фізика як фундаментальна наука вивчає загальні закономірності перебігу природних явищ, закладає основи світорозуміння на різних рівнях пізнання природи і дає загальне обґрунтування природничо-наукової картини світу. Сучасна фізика, крім наукового, має важливе соціокультурне значення. Вона стала невід'ємною складовою культури інформаційного суспільства. Фундаментальний характер фізичного знання як філософії науки і методології природознавства, теоретичної основи сучасної техніки і виробничих технологій визначає освітнє, світоглядне та виховне значення шкільного курсу фізики як навчального предмета [4].

Головна мета навчання фізики в середній школі полягає в розвитку особистості учнів засобами фізики як навчального предмета, зокрема через формування в них фізичних знань, наукового світогляду і відповідного стилю мислення, екологічної культури, розвитку в них дослідницьких навиків та творчих здібностей. Відповідно до цього зміст фізичної освіти спрямовано на опанування учнями наукових фактів і фундаментальних ідей, усвідомлення ними суті понять і законів, принципів і тео-

рій, які дають змогу пояснити перебіг фізичних явищ і процесів, з'ясувати їхні закономірності, характеризувати сучасну фізичну картину світу, зрозуміти наукові основи сучасного виробництва, техніки і технологій, оволодіти основними методами наукового пізнання і використати набуті знання в практичній діяльності [4].

Саме інтерактивні види діяльності на уроках фізики дають змогу створювати таке середовище, в якому теорія і практика реалізуються комплексно, що сприяє розвитку в учнів логічного мислення та забезпечує кожному з них реалізацію їх індивідуальних можливостей.

Основними формами роботи з використанням інтерактивних прийомів навчання, зокрема на уроках фізики, є навчальна робота учнів у парах та у мікрогрупах.

До основних груп прийомів інтерактивного навчання відносяться [3]:

I. Інтерактивні технології кооперативного навчання: «Акваріум»; «Карусель»; робота в парах; робота в малих групах; ротаційні трійки тощо.

II. Технології колективно-групового навчання: «Ажурна пилка»; «Дерево рішень»; «Мікрофон»; мозковий штурм тощо.

III. Технології ситуативного моделювання: розігрування ситуації за ролями; симуляції або імітаційні ігри; спрощене судове слухання.

IV. Технології опрацювання дискусійних питань: дебати; дискусія в стилі ток-шоу; «Займи позицію»; «Неперервна шкала думок»; метод ПРЕС тощо.

Інтерактивні технології змінюють роль учнів: вони стають активними, приймають важливі рішення. Проте кожна інтерактивна вправа потребує попередньої підготовки як вчителя, так і учнів. Учитель повинен:

- підготувати тому числі додатковий, наприклад, різноманітні тести, приклади, ситуації, завдання для груп тощо;

- визначити ролі учасників, підготувати питання і можливі відповіді, виробити критерії оцінки ефективності заняття;

- мотивувати шляхом добору найцікавіших для учнів випадків, проблем, оголошення очікуваних результатів заняття;

- передбачити різноманітні методи для привернення уваги учнів, налаштування їх на роботу, підтримання дисципліни, необхідної для нормальної роботи.

Учні теж завчасно мають підготуватися до проведення подібних уроків. Для цього ми пропонуємо дотримуватися наступних вимог:

- дати учням завдання з фізики для попередньої підготовки: прочитати, продумати, виконати самостійні підготовчі завдання;

- дібрати для уроку фізики такі інтерактивні вправи, які б дали уч-

ням «ключ» до засвоєння теми;

– під час самих інтерактивних вправ дати учням час подумати над завданням, щоб вони сприйняли його серйозно, а не механічно або «граючись» виконали його;

– на одному занятті можна використовувати одну (максимум – дві) інтерактивну вправу;

– дуже важливим є проведення спільного обговорення за підсумками інтерактивної вправи, зокрема акцентуючи увагу і на іншому матеріалі теми, прямо не порушеному в інтерактивній вправі;

– проводити швидкі опитування, самостійні домашні роботи з різноманітних матеріалів теми, що не були пов'язані інтерактивними завданнями.

Реалізація інтерактивного навчання фізики не є самоціллю: воно спрямоване на досягнення тієї атмосфери в класі, яка сприяє співробітництву між учнями, порозумінню і доброзичливості, надає можливість реалізувати особистісно-орієнтоване навчання.

Проведення уроків із застосуванням інтерактивних технологій відповідає тенденціям сучасного уроку фізики, зокрема, таким, як вироблення умінь обґрунтовано приймати рішення.

Для прикладу наведемо загальну структуру уроку з використанням інтерактивних прийомів:

1. *Мотивація* має сфокусувати увагу учнів на проблеми й викликати інтерес до теми обговорення. Для цього можна використати запитання, цитати, короткий історичний матеріал, невелике за обсягом завдання тощо. Цей етап має зайняти не більше 5% робочого часу.

2. *Оголошення теми та очікуваних навчальних результатів* забезпечує розуміння учнями змісту їх діяльності, тобто того, що вони повинні досягти в результаті уроку і що від них очікує вчитель (приблизно 5% робочого часу).

3. *Надання необхідних відомостей* для того, щоб на їх основі виконувати практичні завдання. Це може бути міні-лекція, ознайомлення з роздатковим матеріалом, презентація виконаного домашнього завдання. На самому уроці вчитель може ще раз звернути увагу на відомості, особливо на практичні поради, за необхідності прокоментувати терміни або організувати невеличке опитування (приблизно 10% урочного часу).

4. *Інтерактивна вправа – центральна частина заняття* – спрямована на практичне засвоєння матеріалу. Послідовність проведення цього етапу така: а) інструктивна – вчитель розповідає учням про мету вправи, про правила, про послідовність дій та обсяг часу на виконання завдань; запитує, чи все зрозуміло; б) об'єднання в групи і розподіл ролей; в) виконання завдання (вчитель виступає організатором, консультантом, ве-

дучім дискусії); г) презентація результатів роботи. На інтерактивну вправу відводять 60% часу на уроці.

5. *Підбиття підсумків* – обговорення результатів заняття для кращого усвідомлення зробленого на уроці. Слід повернутися до очікуваних результатів, оголошених на початку уроку. Бажано ставити учням запитання: Що нового дізналися? Яких навичок набули? Чи може це бути корисним у житті? Що сподобалося на уроці? На цей етап відводять до 20% урочного часу.

Цікавість до предмету визначається такими факторами, як зміст програм, якість підручника, методи навчання, індивідуальні особливості учня, власні риси вчителя. Формування в учнів цікавості до навчання в подальшому сприяє виробленню у них стійкого інтересу до навчання, що досягається високою якістю викладання, всією системою роботи вчителя, виконанням різноманітних творчих робіт, елементів дослідження тощо. Цьому, на нашу думку, сприятиме застосування інтерактивних прийомів у навчанні фізики.

Література

1. Пометун О. І. Енциклопедія інтерактивного навчання / О. І. Пометун. – К. : А.С.К., 2007. – 144 с.
2. Пометун О. І. Інтерактивні технології навчання : [наук.-метод. посібн.] / О. І. Пометун, Л. В. Пироженко. – К. : А.С.К., 2004. – 192 с.
3. Пехота О. М. Освітні технології / Пехота О. М. – К. : А.С.К., 2002. – 253 с.
4. Програми для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. Астрономія 7-12 класи / О. І. Ляшенко, О. І. Бугайов, Є. В. Коршак, М. Т. Мартинюк, М. І. Шут та ін. – К. : Перун, 2005. – 82 с.

РОЗВИТОК ПІЗНАВАЛЬНОГО ІНТЕРЕСУ УЧНІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ТЕМИ «ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У РІЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ» У 9-МУ КЛАСІ

В. Л. Бузько^{1а}, С. П. Величко^{2б}

¹ Україна, м. Кіровоград, Спеціалізована загальноосвітня школа
I-III ступенів №6

² Україна, м. Кіровоград, Кіровоградський державний педагогічний
університет імені Володимира Винниченка

^а Vika19741974@rambler.ru

^б Velychko@mail.ru

Для підвищення ефективності уроків фізики важливе значення мають різні прийоми активізації пізнавального інтересу учнів. Цьому сприяють використання демонстраційного та фронтального експерименту, самостійні роботи, домашні експериментальні завдання, тестові завдання (включаючи комп'ютерну перевірку знань).

Одним із сучасних засобів розвитку пізнавального інтересу в процесі навчання фізики є інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) навчання. ІКТ позитивно впливають на розвиток особистих рис характеру учнів у процесі навчання фізики та стимулюють їх до активної самостійної діяльності. Впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у фізичну освіту в Україні та формування єдиного інформаційно-освітнього простору відноситься до пріоритетних напрямків державної політики. Комп'ютер на уроках фізики може виконувати багато різноманітних функцій, зокрема, бути наочним посібником, засобом діагностики та контролю знань.

Можливість ефективного застосування комп'ютерів у процесі навчання фізики в сучасних загальноосвітніх закладах різного профілю досліджували і зараз вивчають багато авторів, серед них П. С. Булкін, Е. В. Бурсіан, Ю. О. Жук, В. О. Извозчиков, В. В. Лаптев, П. М. Маланюк та інші.

Однак інформаційні технології суттєво відрізняються між собою: їх основу можуть становити різні теоретичні засади. Крім того, комп'ютер в них виконує неоднакові навчальні функції і реалізує їх відповідно до обраного алгоритму по-різному.

Метою даної статті є розвиток пізнавального інтересу учнів засобами інформаційно-комунікаційних технологій. Як приклад, розглянемо використання засобів комп'ютерних технологій для розвитку пізнавального інтересу при вивченні теми «Електричний струм у різних середовищах» в 9 класі. При вивченні даної теми ІКТ доцільно використовувати

ти при проведенні уроків різних типів: уроків вивчення нового матеріалу, розв'язування задач, при підготовці до лабораторної роботи та безпосередньо у процесі її виконання, на уроках узагальнення, оцінювання та коригування знань учнів, а також у позаурочній роботі (підготовка презентацій, участь у довгострокових проектах – робота в мережі Internet) тощо.

Зокрема під час вивчення нового матеріалу з теми варто використовувати готові ППЗ, наприклад «Фізика, 9 клас» [2]. Розглянемо конкретні приклади застосування даного ППЗ.

При вивченні нового матеріалу «Електричний струм в розчинах та розплавах електролітів. Кількість речовини, що виділяється під час електролізу» доцільно використати «Урок №34» крок 6, який демонструє за допомогою флеш – анімації, що маси різних речовин, які виділились на катоді за один і той же час – різні (рис. 1), після цього вводиться означення електрохімічного еквіваленту, дається його фізичний зміст. При вивченні теми «Застосування електролізу в промисловості та техніці» використовуємо «Урок 34» крок 9, який показує застосування електролізу, а саме: електрометалургія, рафінування міді (рис. 2), вводиться поняття електролізера.

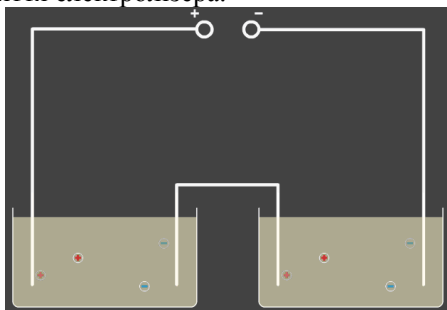


Рис. 1. Поняття електрохімічного еквіваленту



Рис. 2. Процес рафінування

Перед виконанням лабораторної роботи «Дослідження явища електролізу» доцільно розглянути дану роботу за допомогою ППЗ (рис. 3), розв'язуючи при цьому кількісні задачі.

Очевидно, що комп'ютерна лабораторія не може замінити справжню фізичну лабораторію. Завдання творчого і дослідницького характеру істотно підвищують зацікавленість учнів у вивченні фізики і є додатковим мотивуючим чинником. Учні отримують знання в процесі самостійної творчої роботи. Тому доцільно поєднувати використання ІКТ із звичайними фізичними дослідженнями, а саме виготовлення саморобних приладів, виконання дослідницьких завдань, а обробку результатів дослідних даних проводити за допомогою технічних засобів.

У наступному досліді (рис. 4) товстостінна склянка, що розширюється догори, служить електролітичною ванною.



Рис. 3. Дослідження явища електролізу

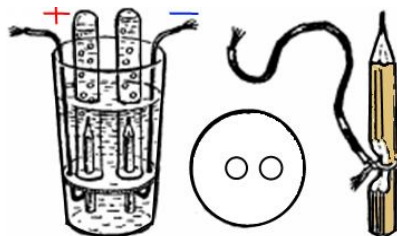


Рис. 4. Виготовлення приладу для спостереження

Виготовляємо фанерний кружок такого діаметру, щоб він притиснувся до стінки стакана в трьох-чотирьох сантиметрах вище дна. У ньому заздалегідь робимо два отвори: через них проходять дроти. У великі отвори або в проріз занурюються два олівці завдовжки 5-6 см, застругані з одного кінця. Олівці, точніше, їхні грифелі, виступають у ролі електродів. На незаструганих кінцях олівців роблять надрізи, щоб зачистити грифелі, і примотати до них оголені кінці дротів. Дроти скручують і ретельно обмотують ізоляційною стрічкою, а щоб ізоляція була надійною, краще за все заховати кінці дротів у гумових трубках. Всі деталі приладу готові, залишається тільки зібрати його, тобто вставити кружок з електродами всередину стакана. Стакан ставлять на тарілку і наливають в нього по самі вінця розчин пральної кальцинованої соди Na_2CO_3 з розрахунку 2-3 чайних ложки на стакан води. Таким же розчином заповнюють дві пробірки. Одну з них закривають великим пальцем, перевертають догори дном і занурюють в стакан так, щоб в неї не потрапила жодна бульбашка повітря. Під водою надівають пробірку на електрод-олівець. Так само поступають з другою пробіркою.

Батареї – три штуки – потрібно з'єднати послідовно, а на крайніх елементах закріплюють провідники від олівців. Відразу почнеться електроліз розчину [1].

Отже, з води H_2O отримали і водень H_2 , і кисень O_2 ; а для чого ж сода? Для прискорення досліді. Чиста вода дуже погано проводить електричний струм, електрохімічна реакція йде в ній дуже повільно.

З виготовленим приладом можна поставити ще і такий дослід: електроліз насиченого розчину кухонної солі NaCl . У цьому випадку одна пробірка наповниться безбарвним воднем, а інша – жовто-зеленим га-

зом. Це хлор, який утворюється з кухонної солі. Пробірку з хлором, в якій знаходиться також трохи розчину солі, закривають пальцем під водою, перевертають і струшують, не віднімаючи пальця. У пробірці утворюється розчин хлору – хлорна вода, яка має сильно вибілюючі властивості. Наприклад, якщо додати хлорну воду до блідо-синього розчину чорнил, то він втрачає свій колір.

За допомогою даного приладу і амперметра можна визначити залежність сили електричного струму від роду речовини. Взявши для досліду кухонну сіль і розчин сульфату міді, отримаємо, наприклад, такі дослідні дані під час виконання досліду (табл. 1):

Таблиця 1

Залежність сили струму від роду речовини

маса, $\frac{\text{г}}{\text{мл}}$	CuSO_4, I, A	NaCl, I, A
0	0	0
2	0,023	0,16
4	0,045	0,26
6	0,06	0,34
8	0,062	0,42
10	0,064	0,46
12	0,068	0,5
14	0,07	0,54
16	0,075	0,56
18	0,078	0,58
20	0,08	0,6

У ході експериментальних завдань, запропонованих для індивідуальної роботи, доцільно використовувати роботу з електронними таблицями Microsoft Excel або Advanced Grapher для побудови графіків. Наприклад, при обробці даних фізичного експерименту з вивчення залежності сили струму від роду речовини, алгоритм побудови графіка наступний:

1. Побудувати таблицю за експериментальними даними.
2. Виділити таблицю.
3. У меню «Вставка» вибрати «Діаграма» (рис. 5).
4. Далі – тип діаграми «Гочковий графік» (рис. 6), вибрати «Конструктор» і «Макет 4» – «Гочкова діаграма, на якій значення з'єднані відрізками», побудувати графік (рис. 7).

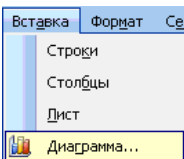


Рис. 5

Таким чином, при вивченні курсу фізики учні за-

своюють графічний метод обробки експериментальних даних. Складність виконання завдань такого плану полягає в тому, що робота з електронними таблицями Microsoft Excel вивчається учнями загальноосвітньої школи рівня стандарту лише в 11-му класі. Тому пропонуємо учням, які прагнуть отримати нові знання і навички давати алгоритм виконання даного завдання.

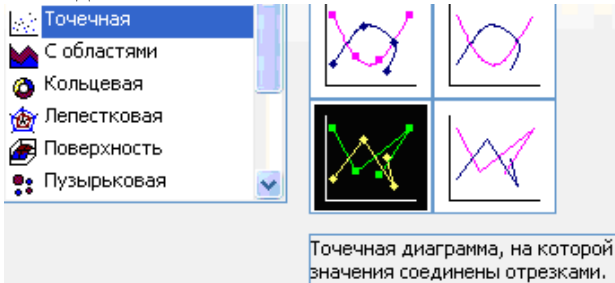


Рис. 6. Вибір типу діаграми

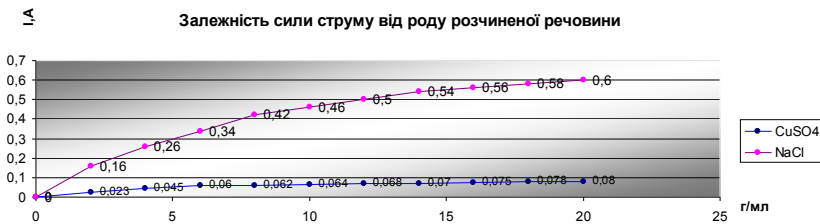


Рис. 7. Побудова графіку в Microsoft Excel

Побудову графіків можна використати і при проведенні експериментального дослідження, яке передбачає дослідити і порівняти значення сили струму в таких овочах і фруктах: лимон, яблуко, картопля, помідор:

1. Дослідити провідність лимона, помідора, яблука, картоплі (табл. 2, рис. 8).
2. Побудувати порівняльну діаграму результатів (рис. 9, рис. 10).
3. Зіставити отримані результати з характеристиками батареї і акумулятора.
4. Встановити причину короткочасної дії природного джерела струму.

При виконанні даних завдань, учні розуміють практичне значення фізики, інтеграцію її з іншими науками, підходять до виконання завдань із зацікавленістю. Саме такі експериментальні завдання сприяють посиленню пізнавальної мотивації, підвищуючи значення дослідницької дія-

льності в навчанні. Таким чином пізнавальний інтерес учнів до вивчення фізики зростає.

Таблиця 2

Фрукти і овочі	I , мкА	R , кОм	U , мВ
Лимон	0,5	40	20
Помідор	1	4	4
Яблуко	0,5	30	15
Картопля	0,6	18	10,8



Рис. 8. Дослідження провідності фруктів і овочів

Порівняльна характеристика сили струму, опору, напруги за однакових інших умов у різних продуктах

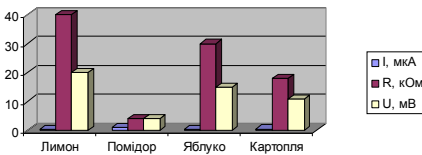


Рис. 9. Побудова діаграми (гістограми)

Сила струму, яка виникає в різних продуктах за однакових інших умов різна

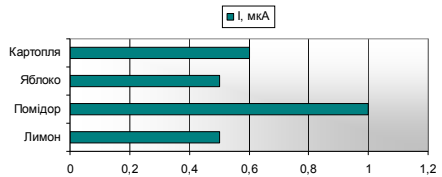


Рис. 10. Побудова діаграми (лінійчатой)

При закріпленні матеріалу доцільно розв'язувати задачі з ППЗ, наприклад при вивченні теми «Електричний струм в електролітах» (рис. 11). Запропоновані завдання доречно розв'язувати біля дошки або в зошиті, а результат перевірити за допомогою ППЗ.

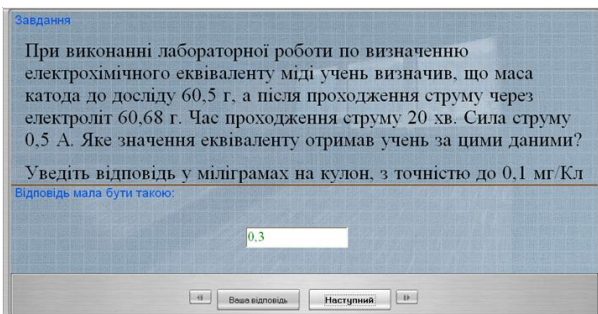


Рис. 11. Використання ППЗ при розв'язуванні задач

При проведенні уроків оцінювання і контролю, на нашу думку, доцільно використовувати тестові завдання в декількох варіантах (наприклад, 4). Тестові завдання розроблені в середовищі «MyTestX» [3]. Програма зручна в користуванні як для вчителя, так і учнів, не вимагає знань від учителя мови програмування, дозволяє складати завдання різного типу.

Тестову перевірку знань варто проводити і протягом усієї теми, для того, щоб реалізовувати діагностуючу та навчаючу функції. Якщо немає можливості, щоб кожен учень працював за окремим комп'ютером, можна роздрукувати паперовий варіант завдання, або провести перевірку знань дистанційно, завантаживши варіанти завдань на сайт вчителя чи школи, чи на сторінку «Банку тестів».

З досвіду викладання фізики в загальноосвітній школі можна зробити висновок, що поєднання традиційних методів навчання та інформаційно-комунікаційних технологій стимулюють розвиток пізнавального інтересу у учнів основної школи, створюють позитивну базу для самоосвіти учнів. З іншого боку, використання в загальноосвітній школі комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання уже є важливою сучасною тенденцією розвитку пізнавального інтересу школярів і вдосконалює навчально-виховний процес з фізики.

Література

1. Ольгин О. М. Опыты без взрывов / О. Ольгин. – [4-е изд.]. – М. : Химия, 1995. – 175,[1] с. – (Научно-популярная библиотека школьника. НПБШ).
2. Фізика, 9 клас : методичний посібник /Під ред. Гоголя В. В. – Рівне : Контур плюс, 2010. – 38 с., компакт-диск.
3. MyTestX – система програм для создания и проведения компьютерного тестирования, сбора и анализа их результатов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mytest.klyaksa.net/?from=mytest3.0.4.7>.

ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ ВІДКРИТОГО ДИСТАНЦІЙНОГО КУРСУ «ВСТУП ДО ФІЗИКИ ЗВУКУ»

О. С. Воронкін

Україна, м. Луганськ, Луганський державний інститут культури
і мистецтв

alex.voronkin@gmail.com

Вступ

В умовах постіндустріального розвитку світової цивілізації саме освіта й наука стають основними продуктивними силами, що визначають конкурентоспроможність і життєздатність держави. Саме життя та науково-технічний прогрес висунули до освіти нові вимоги, оскільки саме вона сприяє формуванню інформаційного суспільства. Все це зумовлює потребу її радикальної модернізації та впровадження новітніх інформаційно-комунікаційних технологій в усі сфери суспільного життя.

Сьогодні педагогічною громадськістю жваво обговорюються проблеми підвищення конкурентоспроможності вітчизняних навчальних закладів, якості навчання й продуктивності праці. Впроваджуються елементи дистанційної (електронної) освіти, зароджуються розумні простори для навчання та веб-орієнтовані середовища.

Проте в Україні майже відсутні науково обґрунтовані праці щодо механізмів реалізації та технологій дистанційного навчання з фізики, що пояснюється й специфікою викладання самої навчальної дисципліни, й мотивацією педагогів і потребами тих, хто навчається [1]. Тому створювані курси будуються на різних парадигмах організації, використовуються абсолютно різні методологічні підходи до формування змісту курсу й методів контролю.

Серед вітчизняних віртуальних проектів уваги заслуговують:

1) «Фізика звуку» – переможець конкурсу «Успішний проект 2009», керівник проекту – Антикуз О. В.;

2) науково-педагогічний проект МОНмолодьспорту України «Дистанційне навчання учнів» (експеримент проводився відділом дослідження і проектування навчального середовища Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України), керівник – Богачков Ю. М. [2];

3) «Вивчаємо фізику разом» – переможець 7-го Всеукраїнського конкурсу «Вчитель-новатор 2011», керівник проекту – Антикуз О. В.

Сучасний розвиток веб-технологій дозволив розміщувати в Інтернет будь-які матеріали, у тому числі й навчальні, всім бажаним, а не тільки

науковцям і викладачам. Це призвело до появи великої кількості псевдонауочної «інформації», що характеризується: а) активним поширенням наукоподібних термінів, зміст яких, як правило, не пояснюється та є незрозумілим у контексті думки автора, б) фрагментарним уявленням самих авторів про сучасний стан фізичних наукових знань, в) рівень розвитку офіційної науки представляється застарілим і таким, що не визнає новаторських прогресивних ідей [3]. Разом з цим для учнів загальноосвітніх закладів і студентів ВНЗ існує проблема вибору ефективної стратегії пошуку навчальної інформації в Інтернет та її диференціації з псевдонауочними відомостями [4].

I. Організація та зміст дистанційного курсу

Протягом двох місяців – з 29 жовтня по 30 грудня 2011 року – для учнів 9-11 класів середніх навчальних закладів автором було проведено відкритий дистанційний курс «Вступ до фізики звуку». В основу курсу було покладено авторський курс лекцій, прочитаний на підготовчому відділенні Луганського державного інституту культури й мистецтв у 2010-2011 роках.

Взяти участь у курсі виявили бажання 22 слухача з України (Луганська й Закарпатська області), США, Африки (Єгипет, Ботсвана, Алжир), Йорданії (Ірбід), Індії (Чандигарх, Бангалор, Нью-Делі), Шрі-Ланки, Саудівської Аравії й Російської Федерації. Інтерес виявили не тільки учні, але й педагоги, однак перешкодою повноцінної участі став мовний фактор. З усіх учасників найбільш активними були 7 слухачів з України (Луганськ) та США (Бостон). Високу підготовленість до всіх занять показали тільки 2 слухача.

Повідомлення про набір до групи розміщувалося на декількох форумах, на сайті Всеросійського з'їзду вчителів фізики «Педсовет.org» та в соціальній мережі «Українські науковці у світі». Інформація про проведення кожного заняття публікувалася в розділі новин інформаційно-освітнього порталу «Технології дистанційної освіти» [5]. Відповідне повідомлення розміщувалося в Twitter-блозі з наступним кросспостингом у соціальній мережі Facebook (рис. 1).

Головною ідеєю було те, щоб всі використовувані Інтернет-сервіси були безкоштовними і доступними для освоєння учнями. Для проведення вебінарів використовувалася платформа WizIQ (рис. 2), демонстрація фізичних експериментів проводилася завдяки вбудованому Media Player, який дозволив ретранслювати відео-ресурси сервісу Youtube учасникам проекту. Додатково в YouTube були завантажені відео-фрагменти лекцій з інших Інтернет-джерел, показ яких був узгоджений з авторами (правовласниками).

Увесь курс було розраховано на 8 занять: 6 лекційних, 1 семінарсь-

ке й підсумкове заняття, які проходили у віртуальних он-лайн класах у формі вебінарів. Організаційні форми дистанційного курсу наведені в табл. 1.

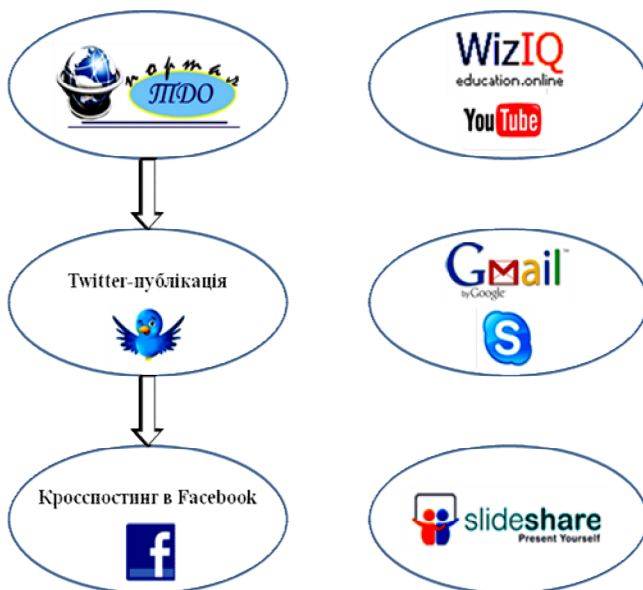


Рис. 1. Реалізація курсу

Рис. 2. Фрагмент лекції-вебінару

Під час занять учасники мали змогу чути і бачити один одного, для цього використовували мікрофон, навушники, веб-камеру та стандартне

програмне забезпечення, встановлене на власному ПК. Платформа WizIQ дозволяла: а) демонструвати презентацію, б) захоплювати екран, в) використовувати білу дошку «Whiteboard», г) транслювати всім учасниками одночасно відео з YouTube, д) надавати можливість говорити й управляти презентацією іншим, е) спілкуватися у текстовому чаті. Учасники, які не могли з будь-яких причин прийняти очну участь у тому чи іншому вебінарі мали змогу завантажити відеозапис пізніше. Для консультування слухачів використовувалася електронна пошта (іноді система IP-телефонії Skype).

Таблиця 1

Організаційні форми навчання

Форма навчання	Обсяг годин, з них:			
	всього	лекційні заняття	семінарські заняття	самостійна робота
Дистанційна	28	12	2	14

Особливістю було те, що учасники читали тільки той навчальний матеріал, який безпосередньо зацікавив їх з рекомендованого переліку бібліографічних джерел. Також вони не були зобов'язані вести конспект під час вебінарів. Тематичний план дистанційного курсу наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Тематичний план курсу

Дата	Теми занять	К-ть годин	Форма занять
29.10.11	Фізика і методи наукового пізнання	2	Лекція
30.10.11	Механічні коливання	2	Лекція
13.11.11	Хвильові процеси та звук	2	Лекція
27.11.11	Резонанс. Інтерференція та дифракція	2	Лекція
03.12.11	Стоячі хвилі та музичні інструменти	2	Лекція
11.12.11	Биття. Характеристики звуку	2	Лекція
29.12.11	Інфра-, ультразвук та їх застосування	1	Семінар
30.12.11	Підсумкове заняття	1	Семінар

Розглянемо стислий зміст кожної з тем.

Тема 1. Фізика і методи наукового пізнання

Предмет фізики. Фізика як наука про природу. Класифікація наук. Методи наукового дослідження. Співвідношення теорії і експерименту в фізиці. Історія та роль великих експериментів. Дослідження Всесвіту. Суб'єктивні спостереження на прикладі оптичних ілюзій. Міжнародна система СІ. Кратні та частинні одиниці СІ.

Мета заняття: формування світоглядного сприйняття фізичної реальності, загального уявлення про фізичний світ, його основні теоретичні засади і методи пізнання, усвідомлення ролі фізичних знань у житті людини і суспільному розвитку.

Відео-демонстрації.

1. Прояви інерції: а) різке висмикування скатертини з-під посудини з рідиною; б) монета, що падає в пляшку при різкому вибиванні паперового кільця.

2. Біографічні фільми про видатних вчених із серії Encyclopedia channel (Аристотель, Г. Галілей, Е. Резерфорд).

3. Фрагменти відео-інтерв'ю Р. Фейнмана: а) про науковий підхід й революціях в науці на прикладі шахової гри; б) про реборда у поїздів; в) про вивчення й розуміння Всесвіту.

4. Експерименти на великому адронному колайдері.

Тема 2. Механічні коливання

Поняття коливань. Механічні коливання та хвилі. Коливальний рух. Вільні коливання. Амплітуда, період, частота. Гармонічні коливання й осцилятори. Математичний та пружинний маятники. Вимушені коливання й резонанс. Автоколивальні системи. Класифікація коливань.

Мета заняття: знайомлення слухачів з одним з найпоширеніших рухів у природі й техніці – коливальним рухом, його видами й характеристиками, резонансними явищами.

Відео-демонстрації

1. Експериментальне підтвердження закону Гука. Нелінійні деформації.

2. Вільні коливання: а) вантаж на нитці; б) вантаж на пружині; в) залежність періоду коливання вантажу на пружині від її жорсткості та маси вантажу; г) гармонічні коливання математичного й пружинного маятників; д) залежність періоду коливання вантажу на нитці від її довжини.

3. Вимушені коливання й резонанс: а) резонанс маятників; б) руйнування Такомського моста; в) руйнування скляного келиха при резонансі.

4. Автоколивання маятника в годиннику.

5. Біографічний фільм про Х. Гюйгенса із серії Encyclopedia channel.

Тема 3. Хвильові процеси та звук

Виникнення хвилі. Точкове джерело хвилі. Хвильовий процес. Поперечні й поздовжні хвилі. Поверхневі хвилі. Зв'язок між довжиною хвилі, швидкістю її поширення й періодом. Хвильова поверхня й фронт хвилі. Рівняння плоскої хвилі. Звукові хвилі в повітрі. Швидкість поширення звуку.

Мета заняття: ознайомити учасників з хвильовими явищами, ввести поняття поперечних, поздовжніх і поверхневих хвиль, хвильової поверхні, фронту хвилі. Дати поняття про звукові хвилі й швидкість їх поширення у різних середовищах.

Відео-демонстрації.

1. Демонстрація поперечних і поздовжніх хвиль: а) поперечна хвиля уздовж однорідного шнура; б) поздовжні хвилі уздовж пружини; в) хвильова машина Зворикіна; г) джерела звуку.

2. Властивості газів: а) заповнення молекулами всього об'єму посудини крізь отвір у перегородці; б) залежність швидкості руху молекул від температури; в) зміна швидкості звуку в газах при зміні молярної маси та температури.

Тема 4. *Акустичні резонансні явища. Інтерференція та дифракція*

Акустичний резонанс. Експеримент із гнучкою однорідною ниткою. Експеримент із резонаторами Г. Гельмгольца. Відбиття й заломлення хвиль. Луна та реверберація. Принцип суперпозиції. Інтерференція звукових хвиль. Умови виникнення максимумів і мінімумів. Інтерференція й закон збереження енергії. Дифракція.

Мета заняття: ознайомити слухачів на прикладі акустичних резонансних явищ з деякими музичними інструментами, дати уявлення про інтерференцію, дифракцію, луну та реверберацію, пояснити принцип суперпозиції.

Відео-демонстрації.

1. Незвичні музичні інструменти: а) інструмент на скляних келихах («співаючий келих»); б) гармоніка Франкліна; в) тибетські «співаючі» чаші; г) солова арфа.

2. Акустичний резонанс: а) експеримент з камертонами; б) експеримент із гнучкою однорідною ниткою; в) експеримент з резонаторами Гельмгольца; г) скринька – резонатор камертона.

3. Біографічний фільм про Германа Гельмгольца із серії Encyclopedia channel.

4. Закони відбивання й заломлення хвиль (на прикладі світла).

5. Інтерференція та дифракція хвиль на поверхні води. Принцип Гюйгенса-Френеля.

Тема 5. *Стоячі хвилі та музичні інструменти*

Стоячі хвилі в струнах й трубах. Демонстрація звукової стоячої хвилі за допомогою труби Рубенса й труби Кундта. Метод Кьоніга. Демонстрація звукової стоячої хвилі в трубі Рійке. Власні коливання плоских фігур. Стоячі хвилі на поверхні води. Геометрія звукових вібрацій в контейнері з колоїдної рідиною (фігури з двомірною та тривимірною структурою).

Мета заняття: ознайомити слухачів з природою стоячих хвиль в струнах, трубах й пластинах.

Відео-демонстрації.

1. Виникнення стоячих хвиль в струнах.

2. Зв'язок між основною частотою відкритої труби та її довжини.

Труба Рійке.

3. Візуалізація стоячих хвиль у трубах: а) метод Рубенса; б) метод Кундта.

4. Візуалізація стоячих хвиль у пластинках: а) коливання мембран; б) фігури Хладні.

5. Манометричні вогники Кьоніга.

Тема 6. Биття. Характеристики звуку

Биття. Суб'єктивні характеристики звуку (гучність, висота й тембр звуку). Об'єктивні характеристики звуку (інтенсивність, частота й спектр). Залежність швидкості поширення хвиль від властивостей середовища. Інтервали в музиці. Логарифмічний закон Вебера-Фехнера. Рівень гучності звуку. Будова органу слуху людини.

Мета заняття: дослідити суб'єктивні та об'єктивні характеристики звуку, ознайомитися з генерацією і сприйняттям звуку людиною.

Відео-демонстрації.

1. Биття: а) запис биттів піском; б) биття на камертонах; в) биття на осцилографі.

2. Залежність гучності звуку від амплітуди коливань.

3. Залежність висоти тону від частоти коливань.

4. Вплив фази вищих гармонік на тембр.

5. Амплітудно-частотні спектри звукових коливань.

6. Механізм роботи слухового апарату.

Тема 7. Інфра-, ультразвуки та їх застосування

Інфра- та ультразвуки: джерела та застосування, дія на організм людини. Зворотний п'єзоелектричний ефект. Магнітострикція. Ультразвукова й гідродинамічна кавітації. Сонолюмінесценція.

Мета семінарського заняття: опанування навичками та уміннями використання теоретичного знання.

Відео-демонстрації.

1. Застосування ультразвуку: а) в медицині, б) в дефектоскопії, в) у технологіях зварювання.

2. Гідростатична та ультразвукова кавітації. Сонолюмінесценція.

3. Інфра- та ультразвукова зброя.

II. Облік затраченого часу

На навчальну, методичну й організаційну роботу щодо супроводу дистанційного курсу було затрачено 137 академічних годин, з них:

- 12 годин на розробку програми курсу (приблизно 1 година на 2 години загального обсягу курсу);
- 7 годин на роботу з мережевими ресурсами фізичних демонстрацій і відеолекцій (1 година на 1 заняття);
- 14 годин на підготовку до занять (1 година на 1 годину занять);
- 81 година на розробку презентацій до занять (приблизно 0,4 години на 1 слайд, в середньому 13,5 годин на одну презентацію).
- 14 годин – проведення вебінарів;
- 9 годин на консультування учасників (1 година в тиждень).

III. Активізація пізнавальної діяльності слухачів під час навчання

Відомо, що фізика, як наука не може існувати без експерименту – тільки перевірені експериментально гіпотези стають теорією. Основою курсу став детальний опис багатьох експериментів з великою кількістю відео-супроводу (на 1 заняття – до 10 демонстрацій), що сприяло підвищенню зацікавленості та бажанню учасників повторити експеримент (діяльнісний підхід). При підготовці к семінарському заняттю учасники самостійно визначили перелік питань до обговорення за вказаною темою й створили презентаційний супровід.

З метою організації самостійної роботи й поглибленого опрацювання тем курсу учасникам було рекомендовано низку статей з науково-популярного журналу «Квант». Також було запропоновано ознайомитися з книгою В. Турчина «Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции» та автобіографічною книгою Р. Фейнмана «Какое тебе дело до того, что думают другие» [6; 7].

Слід зазначити, що найбільш складні питання дистанційного курсу розбиралися без застосування складного математичного апарату, а під час занять системно створювалися такі ситуації, щоб слухачі на основі аналізу фактів і спостереження явищ самостійно робили висновки і узагальнення, відповідали на нескладні, але цікаві запитання. Розглянемо деякі приклади створення проблемних ситуацій, які дозволили активізувати пізнавально-пошуковий інтерес слухачів.

1. Загальновідомим є визначення того, що коливання – це рухи, які повторюються через певні проміжки часу. Припустимо, що на кришці стола тіло масою m рівномірно обертається по колу. Якщо ми подивимося зверху, то побачимо, що рух дійсно відбувається по окружності. А от людина, яка подивиться «в торець» стола та побачить проєкцію кругового руху, може подумати, що спостерігає коливальний рух туди й назад. Саме це й показано на рис. 3. Чи можливо якимось інакше визначити коливання?

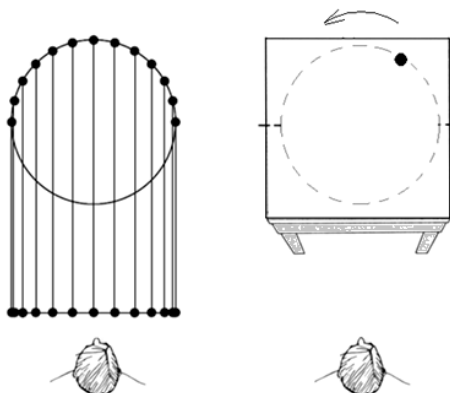


Рис. 3. Рівномірний рух тіла по колу

2. Як правило, у газах швидкість звуку менша, ніж в рідинах, а в рідинах швидкість звуку менша, ніж у твердих тілах. Дуже часто учні пояснюють це тим, що щільність рідин та твердих тіл більша, ніж у газів. Але як тоді пояснити, що швидкість звуку в газі зменшується при збільшенні його молекулярної маси, тобто щільності. Наприклад при вдиханні ксенону ($M=131 \cdot 10^{-3}$ кг/моль) голос людини стає більш низькочастотним, а при вдиханні гелію ($M=4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль) стає більш високочастотним (зміна частоти пояснюється зміною швидкості звуку в газах $-f=v/\lambda$). Спробуйте пояснити та знайти недоліки в наведеному поясненні.

3. Якщо на закріпленій в центрі металевий диск насипати змішаний пісок з дрібним пилом, а по краю диска проводити смичком, то пісок створює один геометричний візерунок, а пил зовсім іншої. Тобто коли диск вібрує пісок і пил розділяються та утворюють незалежні візерунки. Поясніть чому це відбувається.

4. Якщо проводити мокрим пальцем уздовж краю келиха з тонкими стінками, то почуємо чистий звук – келих «співає». Що саме викликає звучання келиха й чому палець при цьому повинен бути вологим і не жирним? Чим визначається частота звуку? Які коливання краю келиха: поперечні чи поздовжні?

5. Якщо інтенсивність звуку зростатиме лінійно, то людина відчує збільшення гучності східчато. Чим це пояснюється та за яким законом треба змінювати інтенсивність звуку, щоб людина відчула лінійну зміну гучності?

Висновки

Участь у дистанційному курсі дозволила учасникам не тільки розширити знання з даної теми, а й активізувати пізнавальний інтерес до подальшого вивчення фізики, розвинути креативне мислення. По закін-

ченню дистанційного курсу у деяких учасників виникло бажання взяти участь у новому віртуальному навчально-пізнавальному проєкті.

Презентації всіх проведених занять розміщені в платформі SlideShare та доступні для відкритого перегляду, а тому разом з відеодемонстраціями YouTube можуть бути використані повторно вже в асинхронному режимі [5]. Матеріали будуть корисні для учнів старших класів загальноосвітніх шкіл, абітурієнтів, слухачів підготовчих відділень ВНЗ, а також слухачів секцій фізики Малої академії наук учнівської молоді України.

Література

1. Шарко В. Д. Організація самостійної пізнавальної діяльності учнів з фізики з використанням інформаційних технологій / В. Д. Шарко, А. О. Солодовник // Інформаційні технології в освіті. – Херсон, 2010. – Випуск 8. – С. 10–16.

2. Про впровадження науково-педагогічного проєкту «Дистанційне навчання учнів» [Електронний ресурс] : наказ Міністерства освіти і науки України № 1231 від 29 грудня 2009 р. – Режим доступу : http://www.testportal.org.ua/res/custom/files/01-order_1231.pdf.

3. Бушуев Ю. Е. Некоторые аспекты формирования научного мировоззрения студентов при изучении курса общей физики / Ю. Е. Бушуев, А. П. Васильев, В. А. Сигаев // Актуальные вопросы теоретической и прикладной биофизики, физики и химии : матер. VI междунар. науч.-техн. конф. БФФХ-2010, Севастополь, 26-30 апр. 2010г. – Севастополь, 2010. – Том I. – С. 392-395.

4. Воронкін О. С. Проблеми формування якісного інформаційно-освітнього середовища ВНЗ України / О. С. Воронкін // New information technologies in education for all: learning environment : збірник праць VI Міжнародної конференції, ІТЕА–2011, м. Київ, 22–23 листопада 2011р. – Київ, 2011. – С. 294–300.

5. Воронкин А. С. Предварительные итоги открытого авторского дистанционного курса «Введение в физику звука – 2011» [Электронный ресурс] / А. С. Воронкин. – Луганск : Информационно-образовательный портал «Технологии дистанционного образования». – Режим доступа : <http://tdo.at.ua/news/zvuk/2012-01-07-51>.

6. Фейнман Р. Какое тебе дело до того, что думают другие? / Р. Фейнман. – Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. – 208 с.

7. Турчин В. Ф. Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции / В. Ф. Турчин. – М. : ЭТС, 2000. – 368 с.

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ДЕМОНСТРАЦІЙ ТА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ

Є. В. Гаврилюк^α, С. І. Подопрігора^β, К. К. Хмиз^γ
Україна, м. Кривий Ріг, Криворізький національний університет
^α herbinger@mail.ru
^β bratik-seryozhik@yandex.ru
^γ Herzblut@i.ua

Актуальність даної роботи зумовлена тим, що нерідко в учнів виникають проблеми при вивченні таких розділів фізики, як «Електромагнетизм» і «Механіка». Великий обсяг теоретичних відомостей, які пропонуються учням за шкільною програмою, пригнічує їх зацікавленість у навчанні. В учнів зникає мотивація, оскільки, по-перше, вивчення теорії – не найцікавіше заняття, по-друге, учні просто не завжди розуміють, навіщо їм потрібна теорія, якщо невідомо, де і як її можна застосовувати. У зв'язку з цим при вивченні такої теми вчитель повинен проводити цікаві демонстрації і досліди. Це буде сприяти підвищенню інтересу до предмету та покращенню якості засвоєних знань.

Як показує досвід, в більшості шкіл вчителі проводять демонстрації, кожна з яких дає змогу учням закріпити знання лише з однієї теми. Скажімо, на початку вивчення розділу «Електрика і магнетизм» більшість вчителів демонструє дослід з гальванометром. На жаль, при вивченні розділу «Механіка» в школах дуже рідко проводяться демонстрації: в більшості випадків вчителі пояснюють учням фізичний зміст тих чи інших понять, законів чи формул лише за допомогою рисунків на дошці (траєкторія руху тіла, кинутого вертикально або під кутом до горизонту тощо). При вивченні тем «Конденсатор», «Електричний опір», «Паралельне та послідовне з'єднання резисторів», «Паралельне та послідовне з'єднання конденсаторів» тощо, демонстрації часто обмежуються тим, що учням показують ті чи інші елементи електричних схем, і досить рідко комбінують їх між собою, таким чином обмежуючись вивченням лише окремих тем, не вдаючись до залучення знань, набутих учнями з інших розділів фізики.

Нижче буде запропоновано пристрій, який може бути ефективно використаний під час проведення універсальних демонстрацій чи лабораторних робіт з фізики, тобто таких, які можуть використовуватися для унаочнення одразу кількох фізичних явищ.

Ідея виготовлення універсальних демонстраційних приладів не нова, але не знаходить широкого розповсюдження. Всі переваги таких

установок очевидні: швидке та ефективне закріплення та поглиблення знань, зацікавлення дітей, приклад застосування теоретичних знань на практиці, залучення школярів до дослідницької роботи.

Електромагнітний прискорювач – це пристрій, який дає змогу за допомогою магнітного поля котушки індуктивності розганяти до деякої швидкості предмети, виготовлені з феромагнетиків. Пристрій складається з батареї конденсаторів, котушки індуктивності та, джерела постійного струму. В момент, коли коло замикається, і енергія конденсаторів, приєднаних паралельно до котушки, перетворюється в енергію магнітного поля котушки, снаряд, певним чином розташований в ній заздалегідь, зі значним прискоренням починає втягуватися всередину котушки. Якщо ємність конденсаторів і активний опір котушки такі, що час розряду конденсаторів до напруги, при якій їх енергія вже досить мала, то снаряд при проходженні через центр котушки майже не гальмується магнітним полем (яке прагне притягнути снаряд до центра котушки) і за інерцією вилітає з іншого її боку. Таким чином, енергія конденсаторів частково перетворюється на кінетичну енергію снаряда (решта розсіюється переважно у вигляді тепла).

В деяких джерелах [1; 2] описуються аналогічні пристрої, але всі вони мають суттєвий недолік – низький ККД. Проблема полягає в тому, що автори цих пристроїв використовують паралельне з'єднання конденсаторів, таким чином збільшуючи час їх розряду. Крім того, в цих установках використовуються конденсатори порівняно великої ємності, і це, знову ж-таки, погіршує ефективність приладу. З метою зменшення часу розряду (відповідно, збільшення прискорення снаряда) потрібно не лише використовувати конденсатори з низькою електроємністю (конкретне значення не вказуємо; чим менша буде ємність – тим кращим буде результат дослідів), але і при можливості використовувати послідовне з'єднання. Щоб не втратити енергію батареї конденсаторів внаслідок зменшення ємності, треба використовувати високовольтні конденсатори. Переважна ж більшість зразків електромагнітних прискорювачів, які можна зустріти в різних літературних джерелах, працюють на конденсаторах з високою ємністю і напругою в межах 300-500 В. ККД більшості цих зразків лежить в межах 0.3-5% (найкращі з них мали ККД 6%). ККД установок, з якою проводилися описані нижче досліди, в деяких випадках досягав 17%.

Використання електромагнітного прискорювача для демонстрації законів кінематики та одночасно електромагнетизму є новаторським підходом. Раніше кінематичні досліди для учнів проводили на пружинному пістолеті, пристрої, на роботу якого мають великий вплив дисипативні сили, а також сила натягу пружини, що може помітно різнитись

від досліду до досліду. Отже, отримання результатів з високим рівнем відтворення практично неможливе.

Електромагнітний прискорювач дозволяє отримувати високоточні дані, і дає практичні результати, близькі до теоретичних. Така точність досягається мінімізацією впливу сил тертя, що дозволяє отримувати початкову швидкість кулі близькою до розрахункової.

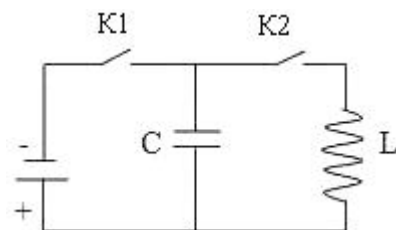


Рис. 1

Електромагнітний прискорювач має порівняно нескладну будову (рис. 1). В основі цього пристрою лежить LC -контур. Котушка індуктивності L має всередині наскрізний отвір діаметром близько 1 см. Котушку треба підбирати (або виготовляти) таким чином, щоб її активний опір був в межах кількох десятків Ом (в даному до-

сліді використовувалася котушка з опором близько 50 Ом). В якості джерела постійного струму можна використати випрямляч, що працює від електромережі, або ж перетворювач постійної напруги, що працює від акумуляторів чи гальванічних елементів (на зразок тих перетворювачів, що використовуються у фотоспалахах). Напруга джерела постійного струму повинна бути в межах 220–450 В. Якщо напруга буде меншою, ніж 220 В, то батарея конденсаторів C під час заряджання отримає недостатню кількість енергії для того, щоб провести повноцінну демонстрацію. Якщо ж напруга буде більша, ніж 450 В, то є ймовірність того, що в конденсаторах станеться пробій діелектрика. В такому випадку, якщо є джерело напругою понад 450 В, треба під час заряджання конденсаторів послідовно з батареєю конденсаторів приєднати резистор з великим опором – в межах 30–100 кОм (буде достатньо резистора потужністю 0.25-0.5 Вт).

Заряджання конденсаторів слід контролювати за допомогою вольтметра (мультиметра). Рекомендується приєднувати послідовно з батареєю конденсаторів резистор, щоб заряджання тривало певний проміжок часу (якщо джерело постійної напруги працює від електромережі, то без резистора заряджання відбудеться майже миттєво, і відбудеться коротке замикання джерела струму, що триватиме кілька десятих долей секунди). Час заряджання конденсаторів, послідовно з якими приєднаний резистор, зручно розраховувати за формулою $\tau = RC^{\tau} = RC$, де τ – час, протягом якого конденсатор (батарея конденсаторів) заряджається до напруги, що становить 63% від напруги джерела струму, R – опір резистора (до цієї величини, взагалі кажучи, потрібно додавати і внутрішній опір джерела струму, але він, як правило, не враховується, якщо викори-

стовуються резистори з опором 30–100 кОм; проте внутрішній опір перетворювача постійної напруги, що працює від акумуляторів чи гальванічних елементів, може досягати 35–40 кОм), C – загальна електроємність батареї конденсаторів. Або ж можна використати для розрахунку часу заряджання конденсаторів більш зручну формулу:

$t = -\ln\left(1 - \frac{U_c(t)}{U_{12}}\right)RC$, де $U_c(t)$ – різниця між початковою і кінцевою на-

пругою на конденсаторах, U_{12} – різниця між початковою напругою на конденсаторах і напругою джерела струму, R – опір резистора, сполученого послідовно з батареєю конденсаторів (включаючи внутрішній опір джерела струму), C – загальна електроємність батареї конденсаторів. Ця формула дозволяє визначити час, протягом якого напруга на клеммах батареї конденсаторів досягне потрібного нам значення. Формула $\tau=RC$ дозволяє визначити лише час, протягом якого ця напруга досягне значення, рівного $0,63U_{\text{джерела}}$. Параметри конденсаторів (номінальну електроємність і напругу) слід добирати для досліду таким чином, щоб час їх розряду ($t = CR \ln \frac{U_0}{U}$, де C – електроємність батареї конденсаторів, R –

активний опір котушки з урахуванням опору з'єднувальних провідників, U_0 – початкова напруга на конденсаторах безпосередньо перед замиканням ключа $K2$, U – значення напруги в деякий момент часу в процесі розряджання) був якомога меншим.

Слід відмітити, що час розряджання конденсаторів необхідно визначати, враховуючи те, що конденсатори ніколи не розряджаються до напруги $U = 0$. Напруга на них може бути як завгодно мала, але не рівна нулю. Тому при знаходженні часу розряджання варто вибрати певне значення кінцевої напруги, при якій енергія конденсаторів уже досить мала (на кілька порядків менша за початкову), і потім знаходити час, протягом якого напруга на конденсаторах досягне цього значення. Оптимальна електроємність батареї конденсаторів – 10–30 мкФ, загальна напруга на клеммах батареї конденсаторів – до 4 кВ. Щоб зібрати таку батарею конденсаторів, слід використати кілька (бажано до десяти) конденсаторів з характеристиками 100 мкФ 350–400 В, і з'єднати їх послідовно (заряджати їх треба або кожен окремо, або за допомогою перемикачів скласти схему, в якій підчас заряджання конденсатори з'єднані паралельно, а перед замиканням ключа $K2$ – послідовно). Після замикання ключа $K2$ через котушку пройде короткочасний імпульс електричного струму, який спричинить появу навколо котушки і всередині неї сильного магнітного поля. Розташований задалегідь в котушці металевий предмет різко втягнеться в її центр і за умови, якщо в момент про-

льоту його центра мас через геометричний центр котушки (положення 2 на рис. 2) енергія конденсаторів вже буде досить малою, він за інерцією вилетить з протилежного кінця котушки, тобто відбудеться «постріл».

Отже, під час проведення демонстрації, після складання електричного кола за схемою, вказаною на рис. 1, треба надійно зафіксувати котушку (прикріпити її до столу чи масивної підставки), і покласти в її наскрізний отвір якийсь металевий «снаряд» (наприклад, шматочок цвяха) масою 2–3 г таким чином,

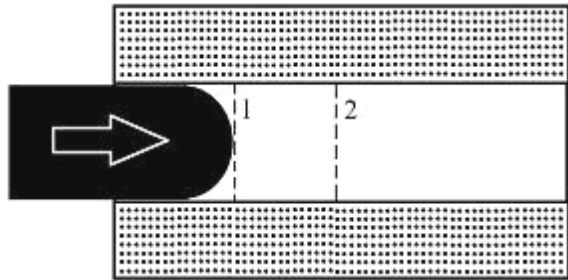


Рис. 2

щоб його центр мас був на відстані приблизно $0.5d$ від центра котушки, де d – довжина котушки (положення 1 на рис. 2). На відстані кількох десятків сантиметрів (20–50 см) від котушки слід розташувати підвішений на нитці уловлюючий циліндр (наприклад, металеву банку) таким чином, щоб після пострілу «снаряд» влетів в неї і передав їй свій імпульс. Варто зазначити наступне: якщо маса «снаряда» буде занадто великою (понад 3–5 г), то кінетична енергія «снаряда» буде досить значною, і дослід не вдасться провести через те, що уловлюючий циліндр відхилиться на порівняно великий кут (найбільш точними будуть подальші обчислення, якщо цей кут становитиме 10 – 30°). Для зручності внутрішню поверхню банки можна обліпити пластиліном – «снаряд» застрягне в банці і відбудеться непружний удар, тобто система «банка і снаряд» отримає майже весь імпульс «снаряда» і після удару її початкова повна швидкість буде визначатися швидкістю «снаряда» безпосередньо перед ударом, а також масою снаряда і банки (закони збереження енергії та імпульсу). Оскільки в момент зіткнення швидкість «снаряда» невідома, то треба зафіксувати кут, на який відхилиться від свого початкового положення уловлюючий циліндр. Знаючи цей кут, можна знайти висоту, на яку піднявся цей циліндр відносно початкового положення і, відповідно, знайти зміну його потенціальної енергії (при розрахунку зміни потенціальної енергії слід враховувати не тільки масу банки, але і масу «снаряда», бо після удару «снаряд» і банка рухатимуться як одне фізичне тіло. Неважко розрахувати, що максимальна висота, на яку підніметься це фізичне тіло після пострілу, дорівнюватиме

$$h=l(1-\cos\alpha),$$

де l – довжина нитки, на якій підвішений уловлюючий

циліндр,

α – максимальний кут, на який він відхилився від початкового положення. Знайдемо зміну потенціальної енергії банки і «снаряда»:

$$\Delta E_n = E_{n2} - E_{n1} = E_{n2},$$

де E_{n2} – потенціальна енергія фізичного тіла в найвищій точці його траєкторій, E_{n1} – початкова потенціальна енергія (рівна нулю, оскільки початкове положення банки вибрано за нульовий рівень потенціальної енергії).

$$\Delta E_n = (m_{\text{банки}} + m_{\text{снаряда}})gh = (m_{\text{банки}} + m_{\text{снаряда}})gl(1 - \cos\alpha).$$

Потенціальна енергія системи тіл «банка-снаряд» в найвищій точці траєкторії приблизно дорівнює кінетичній енергії «снаряда» безпосередньо перед ударом (приблизно – бо невелика частина енергії витрачається на незначне нагрівання «снаряда» і пластиліну в банці під час удару). Отже,

$$(m_{\text{банки}} + m_{\text{снаряда}})gl(1 - \cos\alpha) = \frac{m_{\text{снаряда}} v_{\text{снаряда}}^2}{2}$$

Звідси можна знайти кінетичну енергію «снаряда» безпосередньо перед ударом. Знаючи кінетичну енергію «снаряда», можна визначити коефіцієнт корисної дії електромагнітного прискорювача. Для цього треба визначити енергію батареї конденсаторів безпосередньо перед пострілом:

$$W = \frac{CU^2}{2} \quad W = \frac{cv^2}{2},$$

де U – загальна напруга батареї конденсаторів безпосередньо перед пострілом, C – загальна електроємність батареї конденсаторів. Як правило, значення ККД електромагнітного прискорювача лежить в межах 1–14% і значною мірою залежить від початкової відстані від центра мас «снаряда» до геометричного центра котушки, а також від загальної електроємності і напруги конденсаторів, активного опору котушки, геометричної форми «снаряда» та матеріалу, з якого він виготовлений.

Під час проведення вищеописаного досліду були отримані такі результати: кут відхилення нитки, на якій підвішений уловлюючий циліндр $\alpha=30^\circ$, висота його підйому відносно початкового положення $h \approx 6.3$ см, маса «снаряда» $m=2$ г, його довжина $a=2$ см, діаметр $d_1=0.4$ мм, матеріал – сталь, маса уловлюючого циліндра $M=230$ г, довжина нитки, на якій він підвішений, $l=50$ см, довжина котушки $d=8$ см, її активний опір $R=52$ Ом, загальна електроємність батареї з двох конденсаторів (кожен має характеристики 100 мкФ, 400 В) $C=50$ мкФ, загальна напруга батареї конденсаторів $U=620$ В, швидкість «снаряда» $v=12$ м/с, коефіцієнт корисної дії установки ККД=1,5%. Очевидно, що найкращий резуль-

тат під час проведення даної демонстрації в школі буде саме при таких параметрах установки: $C=50\div 100$ мкФ, $U=300\div 600$ В, $m=2\div 3$ г, $M=230\div 300$ г.

Склавши установку з такими параметрами, вчителю і учням буде найбільш зручно проводити демонстрацію та розрахунки тих чи інших фізичних величин.

Також проводилися досліди на визначення максимального ККД установки. В них використовувалася та ж сама котушка індуктивності, батарея з 13 конденсаторів (по 100 мкФ 400 В), загальна електроємність якої становила 7,7 мкФ, а загальна напруга – 5,2 кВ, «снаряд» масою 24 г, довжиною 4 см і діаметром 9 мм, виготовлений з трансформаторної сталі, і джерело постійної напруги 450 В. Постріли здійснювалися вже не в уловлюючий циліндр, а в мішень, розташовану на відстані 3 м від установки. Знаючи висоту, на якій горизонтально розташовувалася котушка та висоту, на якій «снаряд» влучав у мішень, розраховували час

польоту кулі $\left(t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \right)$. За відношенням відстані між установкою і мі-

шенню до часу польоту «снаряда» визначалася його початкова швидкість. Максимальна швидкість, до якої при таких параметрах установки вдавалося розігнати «снаряд», досягала 38,5 м/с. При цьому ККД досягав 17%. Виявилось, що максимальний ККД при кожному значенні електроємності досягається не при максимальному значенні напруги батареї конденсаторів, а при деякому конкретному значенні (наприклад, при ємності батареї конденсаторів 33,3 мкФ максимальне значення ККД було при загальній напрузі близько 0,9 кВ – 13%; при напрузі 350–400 В ККД дорівнював 7–8%).

Провівши даний дослід спочатку самостійно, а потім залучивши до цього всіх бажаючих учнів, вчитель, таким чином, зможе не лише підвищити інтерес учнів до вивчення фізики та до науково-дослідних робіт, але і значним чином підвищити якість їх знань. Варто відмітити, що вчитель повинен приділяти достатньо уваги правилам безпеки, оскільки дана установка працює на порівняно високих напругах, і необережне поводження з нею може привести до сильних уражень електричним струмом, що є серйозною загрозою для життя. Учні і вчитель повинні працювати з установкою лише в товстих гумових рукавичках, і торкатися металевих елементів конструкції лише після того, як вони переконуються у відсутності напруги на них.

Більш детальне вивчення залежності ККД установки від маси та розташування кулі, параметрів котушки та конденсаторів дасть змогу отримати кращі показники ККД і, власне, продемонструвати учням ці

залежності. Проста конструкція дозволяє мінімізувати розміри установки і зробити її портативною. Якщо замінити уловлювач кулі на п'єзокристалічний датчик, а на шляху кулі встановити декілька інфрачервоних датчиків, то можна отримувати дуже точні дані швидкості кулі та імпульсу, що його віддає куля при зіткненні.

Таким чином, під час проведення цієї демонстрації учні не лише наочно вивчають принцип дії конденсаторів, котушки індуктивності, резисторів та інших елементів, що використовуються або можуть бути додатково використані в цьому досліді, але і застосовують свої знання з різних розділів фізики. Наприклад, при вивченні чи складанні електричної схеми електромагнітного прискорювача учні спираються на свої знання з тем «Послідовне і паралельне з'єднання конденсаторів», «Елементи електричних схем» тощо. При обчисленні часу розряду конденсаторів учні закріплюють знання з теми «Конденсатор». При обчисленні кінетичної енергії та швидкості снаряда, а також потенціальної енергії системи тіл «банка-снаряд» в найвищій точці її траєкторії після удару, учні застосовують знання не тільки з фізики («Кінетична та потенціальна енергія»), але і з геометрії (обчислення висоти підйому фізичного тіла відносно свого початкового положення). Обчислення ККД установки сприяє закріпленню знань учнів з теми «Коефіцієнт корисної дії». Отже, дана установка може використовуватися вчителем для підвищення якості засвоєння знань учнями не тільки на уроках в якості демонстрації, але і може бути оформлена як універсальна лабораторна робота, яку учні зможуть виконувати при вивченні вищевказаних тем з таких розділів фізики, як «Електрика і магнетизм» і «Механіка». Наявність зацікавленості в учнів і мотивації до навчання – це гарантія успішної діяльності як самих учнів, так і вчителя. А проведення різноманітних дослідів, експериментів, демонстрацій, лабораторних робіт тощо якнайкраще сприятиме появі в учнів інтересу до навчання.

Література

1. Пушка Гаусса – Электронные подделки [Электронный ресурс] / Илюха // ТехніК. – 29/Дек/2011. – Режим доступа : http://texnik.my1.ru/publ/pushka_gaussa/1-1-0-62
2. EM-15 Electromagnetic coil gun [Electronic resource] / Thinkbotics and Karl Williams // THINKBOTICS™. Robotics Research Labs. – 2007. – Mode of access : <http://www.thinkbotics.com/military.htm>

ПРАКТИЧНА ТА КОМУНІКАТИВНА КОМПЕТЕНЦІЇ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У КОНТЕКСТІ ВИВЧЕННЯ ПРИРОДНИЧИХ ПРЕДМЕТІВ

М. Ю. Галатюк

Україна, м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет
Halatyuk@ukr.net

Постановка проблеми. Навчально-пізнавальна компетенція – безособова (відчужена) від суб'єкта пізнання дидактична система, яка складається з наступних компонентів: предметно-змістового, методологічного, ціннісно-мотиваційного, організаційного, практичного, інформаційного, комунікативного і творчого. Аналіз цих компонентів (компетенцій) є необхідною умовою в дослідженні та осмисленні генезису навчально-пізнавальної компетентності учнів. Кожна компетенція навчально-пізнавальної діяльності – це будівельний матеріал у моделюванні компетентної особистості суб'єкта пізнання. Аналіз комунікативної та практичної компетенцій допоможе частково вирішити проблему розвитку продуктивного компонента (продуктивного досвіду) в системі розвитку навчально-пізнавальної компетентності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій [7] показує, що несформований та неописаний чіткий перелік ключових компетентностей учнів, які покликані формувати гармонійно розвинуту особистість, виявляти її латентні здібності і таланти. На нашу думку, однією з компетентностей, яка має увійти до переліку ключових є навчально-пізнавальна компетентність, під якою будемо розуміти володіння компетентнісним досвідом, який набувається через успішну навчально-пізнавальну діяльність.

Необхідно зауважити, що одна дефініція не спроможна повноцінно розкрити багатосторонність досліджуваного явища-феномену, яким є навчально-пізнавальна компетентність. Як зазначає А. М. Алексюк, «чим більше сторін дає визначуваний предмет для розгляду, тим більш відмінними можуть бути виставлені на основі їх визначення» [1, 48]. Ці слова означають те, що чим багатогранніший і складніший досліджуваний об'єкт або явище пізнання, тим більше дефініцій він вимагає. Беручи до уваги цю думку, спробуємо дати комплексне означення навчально-пізнавальної компетентності, під якою будемо розуміти наступні положення:

- ключова компетентність;
- складне, цілісне, системне утворення;
- інтегративну здатність ставити, формулювати і розв'язувати на-

вчально-пізнавальні задачі;

– сукупність знань, умінь і навичок пізнавальної діяльності; досвід, цінності, стратегії дій;

– володіння механізмами цілепокладання, планування, аналізу, рефлексії, самооцінки успішності власної пізнавальної діяльності; володіння прийомами дій в нестандартних ситуаціях, евристичними методами вирішення проблем; володіння вимірювальними уміньми і навичками, використання емпіричних і теоретичних методів пізнання;

– предмет, засіб і продукт навчально-пізнавальної діяльності.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Завдання нашого дослідження, відображене у цій статті, – проаналізувати комунікативну та практичну компетенції, які входять у структуру навчально-пізнавальної компетенції, як цілісності.

Виклад основного матеріалу дослідження. *Практична компетенція* відображає здатність учня правильно виконувати практичні дії в процесі навчально-пізнавальної діяльності. Це насамперед дії, пов'язані з виконанням теоретичних навчальних досліджень, а також з технічною творчістю. Результати вивчення літературних джерел [2; 15], аналіз емпіричних даних засвідчують, що серед практичних умінь, які суттєво впливають на продуктивність навчально-пізнавальної діяльності та одночасно формуються в її процесі, слід виділити такі:

1. *Уміння вести спостереження.* Це вміння полягає у сприйманні предметів і явищ навколишньої дійсності. В науковому спостереженні важливим є попередньо засвоєні знання, наявність приладів, висунення гіпотез, а також методичний досвід ведення спостережень [8]. Спостереження поєднує сприймання та мислення, вимагає у суб'єкта пізнання осмислення того, що він чує і бачить [12]. Головну увагу в усяких спостереженнях слід скерувати на те, щоб привчити учня до цілком об'єктивної, точної й по змозі повної фіксації того, що він спостерігає. Це дається не так-то легко [5, 135]. Розвитку наукового спостереження сприяє його систематичність і плановість, які дозволяють правильно підібрати умови для фіксування своїх спостережень [5, 135].

2. *Уміння описувати результати спостереження.* Опис фактів – істотна функція і разом з тим важливий етап розвитку наукового пізнання. Власне, факти науки не були б потрібні, якби вони не піддавалися можливості їх описати. За допомогою опису отримані дані, шляхом емпіричних методів пізнання, фіксуються і перекодовуються мовою формул, графіків, схем, таблиць та ін., що є зручним для подальшого дослідження та обробки інформації. В процесі опису учні вчать фіксувати необхідні та основні ознаки спостережуваного об'єкта або явища, абстрагуючись від другорядних ознак – несуттєвих (неістотних). Основні ознаки

– це ті, які проявляються в об'єкта або явища незалежно від зміни початкових умов. Кожний об'єкт або явище характеризується власними основними ознаками без яких їхнє існування неможливе [14].

3. *Уміння вимірювати.* При виконанні дослідів з природничих предметів досить часто виникає потреба в здійсненні різних вимірювань, наприклад, у фізиці – це вимірювання фізичних величин. «Наука починається там, де починають міряти; сучасна наука немислима без вимірювань», – говорив Д. І. Менделєєв. Вимірювання різноманітних величин є необхідним елементом пізнання навколишнього світу [6, 51]. Вимірюванням називають пізнавальний процес, який полягає у порівнянні вимірюваної величини з деяким її значенням, прийнятим за одиницю [11, 10]. За допомогою вимірювання учні отримують необхідні знання на підставі яких роблять певні висновки про досліджуваний об'єкт. Тобто вимірювання, по суті, є метод пізнання в певних межах навколишньої дійсності.

Вимірювання включає в себе об'єкт вимірювання, одиницю вимірювання (еталонний об'єкт), вимірювальні прилади, метод вимірювання та дослідника [14, 50].

4. *Уміння виконувати експеримент.* Навчальний експеримент знайомить учнів з одним з важливих методів природничих предметів – експериментальним методом, який розвиває здібності та уміння вдало реалізовувати експериментально-дослідницьку, навчально-пізнавальну діяльність. Навчальний експеримент породжує зацікавленість – бути дослідниками природи, сприяє розвитку мислення, підвищує відсоток сприймання навчального матеріалу [8]. За допомогою експерименту можна проводити спостереження в потрібних кількостях і протягом тривалого часу, з метою якомога досконаліше вивчити явище, розкласти його на структурні елементи та вивчати кожен з них окремо. Цінність експерименту проявляється в тому, що він розвиває в суб'єкта навчально-пізнавальної діяльності здатність до правильного методичного мислення [5].

Експериментальних умінь, які необхідно розвивати в процесі вивчення природничих предметів є дуже багато, тому доцільно поділити їх на три блоки, а саме: вимірювати різноманітні величини; самостійно відтворювати, виводити та аналізувати процеси і явища; інші уміння. До інших умінь відносимо: створювати підконтрольні умови для спостереження та дослідження різноманітних явищ; встановлювати співвідношення між явищами і відповідною теорією; вдосконалювати навички в лабораторіях, дослідних кабінетах; вивчати і вдосконалювати навички роботи з лабораторним обладнанням; самостійно ознайомлюватись з роботою приладів шляхом вивчення їхніх інструкцій з експлуатації; са-

мостійно організовувати і проводити якісні досліді; інтерпретувати отримані результати досліду у вигляді таблиць і графіків використовуючи новітні інформаційні технології; визначати рівень точності приладів і похибку вимірювання оцінюючи її; визначати функції елементів, які складають структуру вимірювальної системи; систематично, ретельно і уважно заносити результати вимірювань у зошит та лабораторний журнал; виявляти і оцінювати рівень впливу незалежних від дослідника факторів, які чинять вплив на точність експерименту [3].

5. *Уміння оформляти результати експерименту.* Це вміння є не менш важливе ніж уміння виконувати експеримент. Досвід показує, що учням важко дається оформлення отриманих результатів і самостійне формулювання висновків у ході експерименту. Дидактичну вартість має та навчально-пізнавальна діяльність, у ході якої висновок роблять самі учні, а функція учителя полягає у внесенні незначних корективів [5].

6. *Уміння формулювати аргументовані висновки.* Цим вмінням, як правило, завершується кожен процес навчально-пізнавальної діяльності. Формулювання висновків дозволяє сформувати учню самооцінку про ступінь заглиблення в суть досліджуваного явища, усвідомити його важливість, закономірності перебігу, оцінити можливі наслідки та ін. Тому потрібно зосереджувати увагу учнів на умінні робити висновки та підбивати підсумки на кінцевому і проміжних етапах навчально-пізнавальної діяльності. Висновок є логічним підсумком і відображенням результату навчально-пізнавальної діяльності.

7. *Уміння самостійно працювати з підручником.* Підручник – це особлива дидактична система, яка не тільки розкриває зміст навчання, а й є специфічною моделлю процесу навчання [13, 250]. Виступаючи у ролі засобу навчання, підручник є джерелом набуття ґрунтовних, системних знань, що володіє матеріальною формою, яка пов'язана зі змістом навчання та процесом засвоєння цього змісту [13, 250]. До умінь роботи з підручником відносимо виділення та конспектування головного. Виділення головного в навчальному матеріалі повинно базуватися на певних критеріях: значимість матеріалу в фундаменті знань і світогляді, виховна і розвивальна цінність, а також місце цього головного в системі логічних зв'язків даної теми, розділу, курсу [15, 85]. Важливими вміннями у роботі з підручником є готування відповідей на запитання, складання плану із заголовків відповідних тем, параграфів, розв'язок завдань і вправ за підручником, підготовка доповідей, побудова схем і графіків та ін.

8. *Уміння конструювати.* Полягає в створенні конструкції, приладу або моделі за даними плану або проекту. У процесі конструкторської навчально-пізнавальної діяльності учні систематизують і поглиблюють

свої знання, застосовуючи їх на практиці, вдосконалюють навички роботи з вимірювальними приладами, довідниковою літературою, схемами та ін. Конструювання є засобом розвитку конструкторсько-технічних, раціоналізаторських і творчих здібностей. Конструювання, як правило, передбачає створення кінцевого продукту, якому притаманні відповідні структурні та функціональні властивості [8].

До практичної компетенції навчально-пізнавальної діяльності також відносяться уміння: складати задачі та рецензії, писати анотацію, аналізувати технічну систему, визначати її склад і основну функцію.

Комунікативна компетенція – сукупність знань про спілкування в різноманітних умовах і з різними комунікантами, а також знань вербальних і невербальних засад інтеракції, умінь їх ефективного застосування у конкретному спілкуванні в ролі адресанта і адресата [4, 124]. Комунікативна компетенція характеризує здатність учня до колективної співпраці, взаємозв'язку в умовах навчально-пізнавальної діяльності. У колективній навчально-пізнавальній діяльності розширюються можливості формування нових потреб та змінюються мотиви поведінки. У колективі, що об'єднаний цілеспрямованою і перспективною навчально-пізнавальною діяльністю створюються складніші взаємовідносини, виокремлюються функції, які належать кожному суб'єкту пізнання окремо, вибудовується об'єднуюча суспільна думка, складаються відповідні вимоги до поведінки. Умови колективної навчально-пізнавальної діяльності допомагають утвердженню суб'єкта пізнання як особистості, допомагають реалізувати свої можливості, здійснити задумані наміри, сприяють конформізму. У колективній навчально-пізнавальній діяльності розвиваються взаємовідносини, такі як: дружба, повага, взаємодопомога, керування, співпраця у виконанні навчально-пізнавальних завдань тощо [12]. Як показують спостереження, кооперація навчально-пізнавальної діяльності дає більш високі показники в рефлексії власних вчинків і дій, сприяє формуванню адекватної самооцінки своїх знань і можливостей, ніж у випадку індивідуальної роботи учнів, а також підвищує якість засвоєння знань.

Деякі автори [9] розглядають комунікативну компетенцію, як сукупність з трьох компонентів: лінгвістичного, соціолінгвістичного та прагматичного. У лінгвістичний компонент входять лексичні та синтаксичні знання, вміння і навички, стилі спілкування, вербальні та невербальні елементи спілкування, комунікативно-риторичні якості. Соціолінгвістичний компонент включає проблематику спілкування між різними соціальними групами, норми та правила спілкування, якими регулюються міжособистісні стосунки, наприклад, між суб'єктами з різним професійним статусом (наприклад, учень-учитель), поколіннями, статями. У пра-

граматичний компонент входять здатність учня логічно вибудовувати власні речення в усній формі та письмовій (наприклад, при оформленні звіту), уміння дотримуватись причинно-наслідкових зв'язків, правильної організації мовлення [4; 9].

Виходячи з викладеного вище, а також аналізу літературних джерел [2; 15] та емпіричних даних, ми визначили перелік найважливіших, на наш погляд, комунікативних умінь і здібностей, які визначають продуктивність навчально-пізнавальної діяльності. Розглянемо їх.

1. *Здатність переймати і використовувати досвід навчально-пізнавальної діяльності інших.* Критеріями цієї здібності є швидкість і ефективність оволодіння новими прийомами, методами, сукупностями знань і навичок, що переймаються учнем від своїх ровесників і дорослих, які краще володіють ними та є більш досвідченими.

2. *Уміння організувати колективну навчально-пізнавальну діяльність.* Володіння цим умінням відображає здатність розподіляти обов'язки, мобілізувати і раціонально використовувати уміння та здібності кожного учасника колективної навчально-пізнавальної діяльності.

3. *Здатність до співпраці.* Відображає готовність учня до продуктивного спілкування і взаєморозуміння в процесі колективної навчально-пізнавальної діяльності, характеризує здатність суб'єкта пізнання виконувати покладені в колективі функції та обов'язки, сприяє гуманізації відносин між учасниками навчального процесу.

4. *Уміння конструювати монолог.* Проявляється в здатності до написання доповіді, реферату та умінні виступити з повідомленням перед класом, на конференції, коментувати хід розв'язку навчально-пізнавальних задач дотримуючись правил культури писемного і усного мовлення. Уміння висловлювати власні думки щодо проблематики обговорюваного питання дотримуючись морально-етичних норм спілкування.

5. *Уміння відстоювати власну точку зору та переконувати інших у ході дискусії.* Критеріями сформованості даного уміння є аргументованість і доказовість ведення дискусії, здатність переконувати опонентів в об'єктивності та достовірності власних суджень і висновків.

6. *Уміння уникати конфліктів і успішно їх вирішувати.* Відображає здатність учня не провокувати і не створювати конфліктних ситуацій в процесі колективної навчально-пізнавальної діяльності, а у випадку виникнення таких ситуацій коректно та ефективно їх вирішувати.

Крім зазначених комунікативних умінь і здібностей до структури комунікативної компетенції відносимо культуру мовлення учнів, яка складає систему вимог і регламентацій щодо вживання мови в навчаль-

но-пізнавальній діяльності (усній і писемній) [10].

Високий рівень володіння комунікативною компетенцією вимагає:

- здатності утримувати в пам'яті сказане співрозмовником і завжди корелювати перебіг спілкування, виділяючи його проміжні і кінцеві результати;
- здатність формувати комунікативну стратегію таким чином, щоб досягти необхідного результату комунікації;
- знання особистості співрозмовника, враховуючи його психологічні особливості;
- зосередженості, постійного орієнтування та здатності до корегування умов та ситуації спілкування;
- підтримання та контроль самого процесу комунікації, проявляючи зацікавленість, розуміння та увагу до співрозмовника;
- контролювання власної мовленнєвої поведінки дотримуючись правил комунікативного кодексу;
- навичок та умінь завершити спілкування та вийти з нього з почуттям гідності і самоповаги [4].

Необхідно зауважити, що комунікативний аспект – невід'ємний атрибут творчості. «У своїх найзагальніших та найістотніших рисах творчість слід визначати як виробництво певного оригінального продукту для комунікаційної мети. Ці два моменти – оригінальність і комунікація – стосуються будь-якого виду творчості», – зазначає В. А. Роменець [16, 128].

Висновок. Виділені компетенції складають внесок у можливість розробки технології формування та розвитку навчально-пізнавальної компетентності, як ключової. Основу такої технології складатиме база інформаційних навчально-пізнавальних завдань (ІНПЗ) і планів-орієнтирів з їх виконання. Проаналізовані компетенції сприятимуть визначенню і забезпеченню відповідних дидактичних умов, сукупність яких створить необхідне середовище з розвитку навчально-пізнавальної компетентності.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці засобів опосередкованого керування навчально-пізнавальною діяльністю учнів. У ці засоби ввійдуть: узагальнені плани діяльності при виконанні розумових операцій (аналіз, синтез, індукція, дедукція, систематизація тощо), а також стратегії дій з організації і проведення експерименту, спостереження, висування гіпотези або припущення та ін.

Література

1. Алексюк А. М. Загальні методи навчання в школі / А. М. Алексюк. – К. : Рад. школа, 1981. – 203 с.
2. Андреев В. И. Диалектика воспитания и самовоспитания творческой личности: Основы педагогики творчества / В. И. Андреев. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1988. – 236 с.
3. Атанов Г. А. Возрождение дидактики – залог развития высшей школы / Г. А. Атанов. – Донецк : ДООУ, 2003. – 180 с.
4. Бацевич Ф. С. Основи комунікативної лінгвістики : підручник / Ф. С. Бацевич. – К. : Академія, 2004. – 344 с.
5. Ващенко Г. П. Загальні методи навчання : Підручник для педагогів / Г. Ващенко. – К. : Українська Видавнича Спілка, 1997. – 441 с.
6. Войтович І. С. Формування пізнавальних умінь учнів основної школи в процесі вивчення фізики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Войтович Ігор Станіславович. – Рівне, 2004. – 238 с.
7. Галатюк М. Ю. Теоретичні аспекти формування навчально-пізнавальної компетентності в процесі вивчення природничих дисциплін / М. Ю. Галатюк // Збірник науково-методичних праць «Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін». Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. Випуск 14. – Рівне : Волинські обереги, 2010. – С. 95-100.
8. Гончаренко С. У. Український педагогічний енциклопедичний словник. Видання друге, доповнене й виправлене / С. У. Гончаренко. – Рівне : Волинські обереги, 2011. – 552 с.
9. Загальноєвропейські рекомендації з мовної освіти: вивчення, викладання, оцінювання / [Наук. ред. укр. видання : д. пед. наук, проф. С. Ю. Ніколаєва]. – К. : Ленвіт, 2003. – 273 с.
10. Іванишин В. П. Мова і нація / Василь Іванишин, Ярослав Радєвич-Винницький. – Дрогобич : Відродження, 1994. – 218 с.
11. Камке Д. Физические основы единиц измерения: Пер. с немецкого / Д. Камке, К. Кремер. – М. : Мир, 1980. – 208 с.
12. Костюк Г. С. Навчально-виховний процес і психічний розвиток особистості / Г. С. Костюк. – К. : Рад. шк., 1989. – 608 с.
13. Малафіїк І. В. Дидактика : навч. посібн. / І. В. Малафіїк. – К. : Кондор, 2009. – 395 с.
14. Никитин А. А. Обучение школьников научным методам познания / А. А. Никитина // Физика в школе. – 1984. – № 3. – С. 49-53.
15. Паламарчук В. Ф. Як виростити інтелектуала / В. Ф. Паламарчук. – Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2000. – 152 с.
16. Роменець В. А. Психологія творчості : навч. посіб. / В. А. Роменець. – К. : Либідь, 2001. – 288 с.

ТЕХНОЛОГІЯ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ УЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ НА ОСНОВІ ПРОЕКТУВАННЯ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Ю. М. Галатюк

Україна, м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет
Halatyuk@ukr.net

Практика свідчить, що педагогічний успіх приходить до учителя лише тоді, коли він здатний творчо виконувати увесь широкий спектр своїх професійних обов'язків, здійснюючи систематичний пошук ефективних форм і засобів організації навчального процесу.

Очевидно, що творчий підхід до вирішення педагогічних задач формується під час навчання у вузі і є запорукою зростання професійної майстерності. Тому фахова підготовка вчителя має бути спрямована не тільки на засвоєння ним нормативних схем педагогічної діяльності з метою подальшого застосування їх у конкретній педагогічній ситуації з урахуванням чи без урахування її специфіки, а насамперед на формування творчого бажання і вміння створювати власні оригінальні підходи до вирішення педагогічних проблем.

Мова йде про пріоритетність конструктивно-творчої форми організації навчальної діяльності в системі фахової підготовки майбутнього вчителя. Відповідно, навчальний процес у вищому педагогічному закладі має базуватися на гармонійному поєднанні інноваційно-творчої і ілюстративно-інформаційної функцій навчання, на основі принципу продуктивного домінуючого перетворення репродуктивної активності в творчу. Такий підхід визначається новою освітньою парадигмою, яка полягає у випереджаючому характері сучасної освіти, головною рисою якої є підготовка такого спеціаліста-професіонала, який готовий творчо вирішувати будь-які проблеми, які можуть виникнути у майбутній практичній діяльності. А отже, робота студента протягом навчання у педагогічному закладі має бути максимально активною і творчою.

Спостереження за професійною діяльністю вчителів, а також аналіз науково-дослідних даних щодо їх педагогічної майстерності [3; 5] свідчать про домінування нормативно-репродуктивної та адаптивно-перетворюючої форм її прояву. Очевидно, що орієнтація на вищезазвані форми організації власної педагогічної діяльності формується у майбутніх учителів ще під час навчання у педагогічному ВНЗ. До такого висновку нас спонукають результати спостережень за самопідготовкою студентів до практичних занять з шкільного курсу фізики та методики її викладання. Значна частина студентів проявляють схильність до вико-

ристання готових педагогічних моделей організації навчальної діяльності, запозичених з методичних посібників, без намагання критичного їх аналізу і оцінки. Особливо це помітно при моделюванні студентами педагогічних ситуацій, при розробці конспектів уроків та під час проходження педагогічної практики.

Фундаментальною складовою професійної компетентності майбутнього учителя є вміння творчо організовувати навчальний процес з предмету, а саме, навчально-пізнавальну діяльність в усіх її проявах. Організація навчальної діяльності, поєднання різних її видів у контексті окремого уроку вимагає від учителя належної теоретичної підготовки і неабияких творчих зусиль.

Однак формування ефективного педагогічного досвіду є складним системним процесом, і як показує аналіз його генезису, він може формуватися або стихійно і безсистемно, або цілеспрямовано на основі відповідних технологій.

Доречно зупинитися на особливостях, які відрізняють технологічний процес від нетехнологічного. Технологічний процес – це процес, який спирається на конкретні механізми його організації. Як правило, для педагогічної технології такими механізмами є методи навчання, засоби, методичні прийоми та дидактичні вимоги щодо їх застосування тощо.

Як показують результати проведеного нами дослідження, досить ефективним методичним прийомом, який дозволяє активізувати навчальну діяльність студентів і сприяє розвитку їхнього творчого потенціалу, є систематичне залучення до моделювання педагогічних ситуацій шляхом виконання творчих дидактичних завдань [1; 4].

Нижче зупинимося на елементах технології формування у студентів професійного вміння моделювати творчу навчально-пізнавальну діяльність, яка реалізується нами на практичних заняттях з методики навчання фізики. Технологія передбачає два етапи в діяльності майбутнього вчителя.

Перший етап – це моделювання фрагмента навчально-пізнавальної діяльності на основі її системно-структурного аналізу. Другий етап – практична реалізація моделі, перевірка її дієвості та відповідна корекція. Зауважимо, що такий підхід дозволяє поєднати теоретичний і емпіричний аспекти у діяльності студентів.

Перший етап має на меті засвоєння студентами технології проектування окремих фрагментів навчально-пізнавальної діяльності, на основі системного підходу, що включає визначення дидактичних цілей; систему дидактичних вимог, дотримання яких забезпечує досягнення системи цілей; систему засобів організації навчальної діяльності, до складу якої

входять засоби проблемно-змістового забезпечення, засоби керування діяльністю, засоби забезпечення зворотного зв'язку (засобів контролю); а також методичні вказівки щодо їх застосування.

В основі формування професійного вміння організувати навчальну діяльність покладено концепцію модульного проектування творчої навчальної діяльності на основі системно-структурного аналізу [2; 4].

Якщо коротко, то модульне проектування навчально-пізнавальної діяльності – це функціонуюча динамічна система, яка включає в себе методичну модель творчого процесу вирішення навчальної проблеми, засобом реалізації якої є операційно-пізнавальний модуль навчальної діяльності у поєднанні з оперативною допомогою.

Операційно-пізнавальний модуль навчальної діяльності є компактним, структурованим фрагментом навчального процесу, спрямованого на розв'язання конкретної навчальної проблеми, який поєднує в собі два види навчальної допомоги: перспективну і оперативну [4]. Структура модуля визначається змістом навчальної проблеми (навчально-пізнавальної задачі), а також процедурою навчальної діяльності. Модуль висвітлює цілі діяльності, логічну структуру виконання творчого завдання, вказує, які етапи дослідження повинен пройти учень, які способи дій засвоїти, в чому полягає їх зміст і містить евристичні поради та вказівки щодо їх виконання.

Кожному етапу виконання навчально-пізнавального завдання, як правило, відповідає окремий навчальний елемент модуля, який містить евристичні вказівки, поради щодо виконання окремого етапу діяльності, розкриває зміст відповідних розумових операцій, прийомів і методів пізнання. Проходження учнем окремого етапу виконання творчого завдання передбачає застосування сукупності певних розумових дій і логічних операцій. Навчальний елемент, який відповідає певному етапу, можна розділити на окремі дії. Таким чином він детермінує собою скінчену систему дій учня і має певну цільову спрямованість. Саме конкретна цільова спрямованість окремого навчального елемента є умовою, яка визначає межу поділу змісту модуля на більш дрібніші структурні елементи. Усі навчальні елементи, що складають евристичний модуль, за їх змістом та дидактичним призначенням можна розділити на три групи, а саме: організаційні учбові елементи, інформаційні та операційні [1; 4].

Для студента інваріантна частина модуля є орієнтувальною основою для виконання творчого дидактичного завдання з проектування навчально-пізнавальною діяльністю. Додатково студентам пропонується узагальнений план проектування навчальної діяльності, який також виконує орієнтувальну функцію. Він передбачає виконання наступних дій:

1. Визначення дидактичних цілей навчальної діяльності їх деталі-

зація в контексті загальних цілей навчання.

2. Системно-структурний аналіз навчальної діяльності, виділення основних її структурних елементів в певній декомпозиції.

3. Аналіз психолого-педагогічних особливостей процесу діяльності.

4. Визначення засобів проблемно-змістового забезпечення навчальної діяльності у відповідності до поставлених цілей.

5. Визначення системи керування навчальною діяльністю із забезпеченням оперативного зворотного зв'язку.

6. Розробка дидактичної моделі-версії фрагменту навчальної діяльності.

Наведемо приклад одного із творчих дидактичних завдань, які пропонуються студентам на практичних заняттях з методики навчання фізики.

Дидактичне завдання. Розробити модель творчого навчального дослідження в контексті вивчення теми: «Заломлення світла. Оптичні лінзи».

Виконуючи це завдання, студент проектує навчально-пізнавальну діяльність на основі одного з операційно-пізнавальних дидактичних модулів, який слугує орієнтувальною основою. Наприклад, це може бути модуль, у якому представлена узагальнена модель виконання творчого експериментального завдання на визначення фізичної величини, яка є параметром фізичного об'єкта [4]. Процедура такої діяльності визначається структурно-логічною схемою (рис. 1).

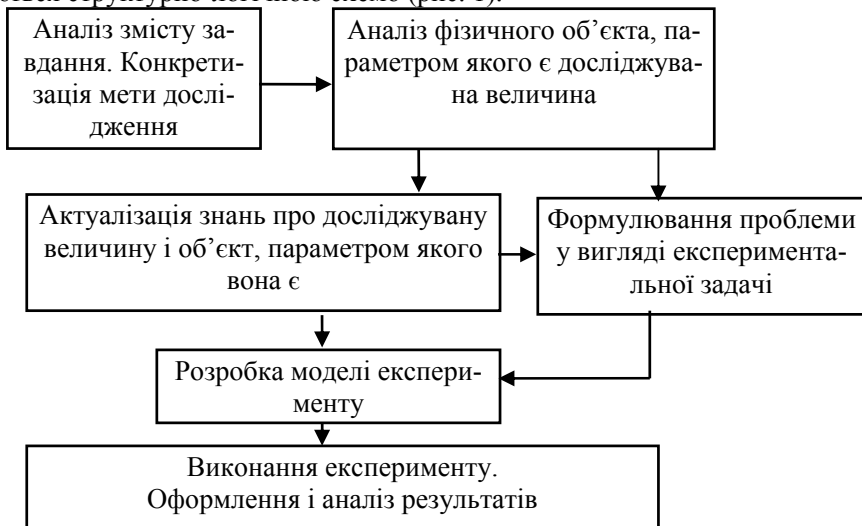


Рис. 1

Студент розробляє проблемно-змістове забезпечення навчальної діяльності у вигляді творчого експериментального завдання, виконання якого реалізує процедуру діяльності. Моделює виконання цього завдання, наповнюючи конкретним змістом кожний етап.

Продемонструємо один з можливих результатів такого проекту.

Зміст творчого експериментального завдання. Визначити експериментально оптичну силу розсіювальної лінзи.

1. Аналіз завдання. Конкретизація мети дослідження

У ході виконання завдання потрібно визначити оптичну силу розсіювальної лінзи, на основі моделювання і практичного виконання експерименту, спираючись на теоретичні знання і набуті дослідницькі уміння і навички.

2. Аналіз фізичного об'єкта, параметром якого є досліджувана величина

У даному випадку об'єктом дослідження є розсіювальна лінза.

Розсіювальна лінза – це прозоре тіло з вгнутими сферичними поверхнями. Якщо спостерігати через лінзу навколишні предмети, то їхні зображення є зменшеними і оберненими.

3. Актуалізація знань про досліджувану величину

Оптична сила характеризує заломлювану здатність лінзи і визначається за формулою $D=1/F$, де F – фокусна відстань лінзи. Оптичну силу лінзи можна визначити, використовуючи формулу лінзи. Для розсіювальної лінзи

$D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ (1), де d – відстань від предмета до лінзи, f – відстань від зображення до лінзи.

Особливістю розсіювальної лінзи є те, що вона завжди дає уявне зображення, яке не можна отримати на екрані, а отже, не можна безпосередньо виміряти відстань від зображення до лінзи.

4. Формулювання проблеми у вигляді експериментальної задачі

Підсумовуючи наведені вище міркування, можна сформулювати проблему дослідження у вигляді конкретної експериментальної задачі.

Експериментальна задача. Користуючись формулою (1), експериментально визначити оптичну силу розсіювальної лінзи.

5. Моделювання експерименту

Отримати дійсне зображення предмета за допомогою розсіювальної лінзи можна лише за умови, якщо промені, що йдуть від предмета і потрапляють на лінзу, будуть заломлюватися до головної оптичної осі лінзи. Цього можна досягти, якщо на головній оптичній осі між предметом і розсіювальною лінзою поставити збірну лінзу (рис. 2).

З рисунку видно, що якби розсіювальної лінзи не було, то промені, які поширюються з т. S_1 , зібранися б у т. S_2 , а так, у результаті залом-

лення у розсіювальній лінзі, зображення отримується у т. S_3 .

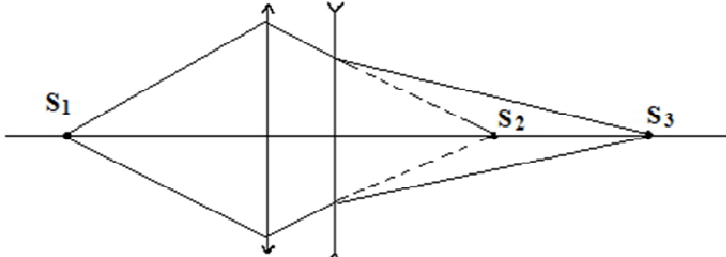


Рис. 2

Якщо скористатися властивістю оборотності поширення світлових променів, то на основі формули (1), можна визначити оптичну силу розсіювальної лінзи. Відстань від т. S_3 до розсіювальної лінзи рівна d , а відстань від т. S_2 дорівнює f .

Для виконання досліду потрібні такі прилади і матеріали: збірна розсіювальна лінзи, вимірювальна лінійка, екран, електрична лампочка, джерело живлення, ключ, з'єднувальні проводи.

План виконання досліду

Отримати за допомогою збірної лінзи дійсне зображення спіралі електричної лампочки на екрані.

1. Помістити між екраном і збірною лінзою розсіювальну лінзу і виміряти відстань f від екрану до розсіювальної лінзи.

2. Віддаляючи екран від розсіювальної лінзи, отримати на екрані чітке зображення спіралі лампочки. Виміряти відстань d від екрана до розсіювальної лінзи.

3. Обчислити оптичну силу розсіювальної лінзи за формулою (1).

4. Обчислити абсолютну і відносну похибки результату за форму-

лами: $\Delta D = \frac{\Delta f}{f^2} + \frac{\Delta d}{d^2}$; $E = \frac{|\Delta D|}{|D|}$.

6. Результати вимірювань і обчислень занести в таблицю:

d , м	f , м	D_e , дптр	Δd , м	Δf , м	E , %

7. Результат записати у вигляді $D = D_e \pm \Delta D$. Зробити висновок.

Виконання експерименту. Оформлення і аналіз результатів

У результаті виконання пунктів 1-4 плану були отримані такі результати вимірювань і обчислень:

d , м	f , м	D_e , дптр	Δd , м	Δf , м	E , %
0,144	0,081	-3,51	10^{-3}	10^{-3}	2

$D_e = 1/0,144 - 1/0,081 \approx -3,51$ (дптр).

Обчислимо абсолютну похибку: $\Delta D = \frac{10^{-3}}{0,114^2} + \frac{10^{-3}}{0,081^2} \approx 0,07$ (дптр).

Обчислимо відносну похибку: $E = \frac{0,07}{3,51} \cdot 100\% \approx 2\%$.

Висновок: отже, у результаті виконання завдання експериментальним шляхом було визначено оптичну силу розсіювальної лінзи:

$$D = -3,57 \pm 0,07 \text{ дптр.}$$

Відносна похибка результату $E = 2\%$.

Практика свідчить, що описана вище технологія залучення студентів до творчої діяльності на основі педагогічного моделювання сприяє розвитку фахової компетентності, творчих професійних умінь і навичок. При цьому підвищується чутливість студентів до протиріч педагогічного процесу, з'являється прагнення їх вирішити не шляхом застосування готових моделей і рецептів, а шляхом власного педагогічного пошуку.

Література

1. Галатюк Ю. М. Проектуємо творчий процес навчального пізнання з фізики / Галатюк Ю. М. // Фізика. – 2007. – №1(312). – С. 14-23.
2. Галатюк Ю. М. Системно-структурний аналіз навчально-пізнавальної діяльності (методологічний аспект) / Галатюк Ю. М. // Збірник науково-методичних праць «Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін». Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. Випуск 14. – Рівне : Волинські обереги, 2010. – С. 212-219.
3. Галатюк Ю. М. Формування творчих компетенцій учителя фізики в контексті діяльнісної теорії навчання / Галатюк Ю. М., Тищук В. І. // Збірник науково-методичних праць «Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін». Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. Випуск 12. – Рівне : Волинські обереги, 2009. – С. 8-11.
4. Галатюк Ю. М. Організація творчої пізнавальної діяльності з фізики на основі навчального дослідження / Галатюк Ю. М., Тищук В. І., Шут М. І. – Рівне : РВВ РДГУ, 2006. – 235 с.
5. Колесник А. Г. Природа педагогічної майстерності та умови її становлення / Колесник А. Г. // Проблеми науково-технічної творчості молоді. Наукові записки Ніжинського державного педагогічного інституту. – Ніжин : НДПІ, 1998. – С. 17-20.

ОСНОВИ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ В ПРОЦЕСІ МОДУЛЬНОГО НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

Ю. П. Грязнов

Україна, м. Бердянськ, Бердянський державний педагогічний
університет
scwork@yandex.ru

Постановка проблеми. Особистісна спрямованість освіти є однією з основних тенденцій розвитку сучасної загальноосвітньої школи. Саме тому на перший план фізичного освіти сьогодні виступає проблема створення оптимальних умов, спрямованих на реалізацію принципу активності в учінні.

Активність як риса особистості передбачає, що учень стає суб'єктом діяльності й керує своїм власним розвитком з урахуванням загальнолюдських цінностей, вимог суспільства, і тому, як особистісне утворення, відображає стан учня та його ставлення до діяльності. Це відношення виявляється в психологічному настрої: інтересі до навчальної діяльності, зосередженості, увазі, мисленневих процесах, особистісній ініціативі [1–4].

Принцип активності в процесі навчання фізиці на основі модульно-розвиваючої технології реалізується через систему засобів розвитку пізнавальної активності учнів, основними елементами якої є: навчальний зміст, методи й методичні прийоми навчання та форми організації учіння школярів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема розвитку пізнавальної активності ґрунтується на положеннях дидактики і психології про активність суб'єкта в пізнанні та про діяльнісний підхід до процесу навчання фізики та розглядалась у працях, зокрема: О. І. Бугайова, С. У. Гончаренка, Є. В. Коршака, О. І. Ляшенка, О. В. Сергєєва та інших.

Однак проблема розвитку пізнавальної активності в процесі модульного навчання фізики не була предметом спеціального дослідження.

Постановка завдання. Проаналізувати основні складові методичної системи засобів розвитку пізнавальної активності в процесі модульного навчання фізики: навчальний зміст, методи й методичні прийоми навчання, форми організації учіння школярів.

Виклад основного матеріалу. Зміст освіти забезпечує великі можливості розвитку пізнавальної активності учнів, передусім за рахунок підвищення її наукового рівня, яке в межах модульно-розвиваючої технології може бути зроблене в трьох основних напрямках 1) виділення

фундаментальних положень сучасної науки; 2) зміна тлумачення деяких традиційних уявлень у світлі досягнень сучасної науки; 3) відбір навчального матеріалу «згори» – від сучасної картини світу.

Сучасний зміст фізики є міцною базою для формування розвитку пізнавальної активності учнів. Підвищення наукового рівня шкільної освіти вимагає від них оволодіння складними теоретичними поняттями, законами, вміннями проникати в сутність явищ, що вивчаються, а це можливо тільки за умови активного оперування змістом навчального матеріалу [2; 3].

Зміст навчального предмету розкривається, передусім, у підручнику, що й виступає як конкретний засіб розвитку пізнавальної активності учнів. Завдання розвиваючого підручника, з фізики, який використовується в процесі навчання на основі модульної технології, полягає не лише в тому, щоб дати певну суму відомостей, але й у тому, щоб формувати в учнів інтерес до знань, навички самостійної роботи, викликати потребу в активній пізнавальній діяльності [5; 6].

Активна діяльність учнів з підручником можлива, якщо відомості, що містяться в ньому, доступні для них і являють собою необхідний фактичний матеріал, який не заважає аналітико-синтетичній діяльності мислення, відповідає їх пізнавальним можливостям і забезпечує повне засвоєння навчального матеріалу. Важливо поєднувати високий рівень науковості з доступністю й раціональністю викладення, що створює умови для використання підручників як джерел знань при організації активної самостійної діяльності учнів [4; 7].

Виділення основного й додаткового змісту дозволяє вивільнити час для активної пізнавальної діяльності щодо засвоєння основного змісту. Для цього необхідно вдосконалення змісту освіти за рахунок виділення ведучих знань, їх генералізації. До ведучих знань відносяться ті, що складають основу для отримання нових знань, є головними в самій науці, слугують для формування широких світоглядних узагальнень. Важливо особливо виділити знання й засоби діяльності, якими школярі повинні оволодіти, і визначити навчальний зміст, що буде запропоновано учням з метою ознайомлення.

Свідоме й міцне оволодіння знаннями здійснюється в активній діяльності з їх усвідомлення і застосування. Ця діяльність пов'язана з роботою з позатекстовими компонентами. Функція питань, вправ полягає в тому, щоб забезпечити активну діяльність школярів при формуванні понять, розвивати мислення, формувати вміння й навички, здійснювати зв'язки як внутрішньопродметні, так і міжпредметні зв'язки. Питання, задачі, вправи повинні бути підібрані за рівнем складності й мати не лише репродуктивний характер.

Компонентом структури підручника, що забезпечує самостійне використання його школярами, є апарат орієнтування. Головна частина цього апарату – сигнали-символи, що орієнтують учня під час роботи з підручником і позначають зокрема особливо важливий матеріал, нові відомості, досліди. Такі вказівки на особливу увагу до основного змісту в деякій мірі визначають і засоби учіння.

Однією з умов активності учіння є сформованість у школярів умінь активної самостійної пізнавальної діяльності та забезпечення їх засобами, що доповнюють підручник і завдяки цьому сприяють організації такої діяльності. Особливе значення надається тим з цих умінь, що забезпечують самоуправління учінням. Сюди відносяться уміння прогнозувати і планувати діяльність, організувати виконання плану, здійснювати самоконтроль; уміння працювати з текстом, виділяти в ньому головне, складати план, готувати доповідь. Практичні завдання повинні підвищувати ступінь самостійності школярів від завдання до завдання, від класу до класу.

Важливий шлях реалізації принципу активності в процесі навчання фізиці на основі модульно-розвиваючої технології, пов'язаний з використанням можливостей методів і методичних прийомів. Саме методи навчання визначають характер діяльності вчителя й учня, спрямованої на досягнення поставленої мети [4–6].

Для організації активної навчально-пізнавальної діяльності учнів необхідно, щоб методи навчання відповідали таким основним вимогам: сприяли формуванню діалектико-матеріалістичного світогляду; розвивали пізнавальну потребу; спрямовували мислення учнів на розв'язання індивідуальних пізнавальних завдань з метою творчої переробки навчальної інформації; забезпечували діяльність по співвіднесенню практичних відомостей з основними ідеями, законами і теоріями для формування системи знань і засобів діяльності; сприяли озброєнню школярів міцними знаннями, навичками, а також вміннями переносити їх в нові умови; сприяли опануванню навчальними вміннями як інструментом пізнання; створювали максимальні умови для активної навчально-пізнавальної діяльності кожного учня.

Найбільш ефективним є об'єднання методів навчання за домінуючою метою певного навчального модуля й окремих його етапів. Можна виділити наступні два види домінуючих цілей навчання: 1) засвоєння знань і розвиток вмінь здійснювати репродуктивну діяльність; 2) оволодіння знаннями й досвідом творчої діяльності. Під час засвоєння знань учню достатньо зрозуміти їх, запам'ятати суттєве; під час оволодіння знаннями школяреві необхідно ще навчитися застосовувати їх на практиці, у різноманітних ситуаціях.

В залежності від домінуючої мети методи навчання можна розділити на такі три великі групи: інформаційно-репродуктивні, інформаційно-пошукові та методи керівництва дослідницькою діяльністю учнів. З таким підходом діяльність вчителя є похідною від навчально-пізнавальної мети і відповідного їй характеру діяльності учнів, організованої на різних рівнях пізнавальної активності.

У процесі навчання фізики оптимальним є введення наступних трьох рівнів пізнавальної активності школярів: відтворюючого, інтерпретуючого та творчого. Кожному з названих рівнів пізнавальної активності має відповідати група методів навчання та група методів учіння, що забезпечують успішність досягнення поставлених навчально-пізнавальних цілей.

Одна й та же навчально-пізнавальна мета може бути досягнута різними методами. Оптимальний шлях досягнення мети завжди пов'язаний з використанням комплексу методів, у якому буде переважати та або інша група методів, більш за все відповідна конкретній навчально-пізнавальній меті й обраному домінуючому характеру діяльності учнів. Тому на різних етапах навчального пізнання в залежності від конкретних цілей навчання, можливостей навчального матеріалу і характеру діяльності учнів вибираються певні методи навчання. Така єдність діяльності вчителя й учнів і забезпечує оптимальність системи методів розвитку пізнавальної активності школярів.

Удосконалення навчання на основі підвищення активізуючого впливу методів навчання на пізнавальну діяльність учнів вимагає більшого використання цих методів, що забезпечують пошуковий характер пізнавальної діяльності учнів головним чином за рахунок здійснення проблемного підходу. Необхідність збільшення частки пошукової діяльності школярів у процесі навчання не означає протиставлення репродуктивної та творчої діяльності. Важливо знайти шляхи їх органічної єдності. У основі цієї єдності лежить вимога, якій повинні задовольняти всі методи викладання – спонукати школярів до активних навчально-пізнавальних дій. При цьому сам характер їхньої діяльності може бути різноманітним: в одних випадках буде домінувати репродуктивна, а в інших – творча діяльність.

Розв'язання завдання навчати добре всіх і кожного учня пов'язане з необхідністю виявити оптимальні умови учіння кожного учня при колективній формі навчання і досягається такою організацією навчального процесу, при якій вибір методів, прийомів, темпу навчання визначається з урахуванням індивідуальних особливостей школярів, рівня розвитку їх здібностей.

Успішна реалізація принципу активності в навчанні у більшості ви-

падків залежить від оптимального поєднання колективних, групових та індивідуальних форм. При цьому головна вимога до поєднання організаційних форм полягає в тому, що вони повинні забезпечити успішне досягнення поставленої мети не тільки всім класом, але й кожним учнем окремо.

Вибір форм організації навчально-пізнавальної діяльності, їхнього поєднання в процесі навчання фізиці на основі модульно-розвиваючої технології залежить від ряду чинників: конкретної дидактичної мети, характеру навчального змісту, наявності навчальної бази, рівня підготовленості школярів, майстерності вчителя. Всі ці обставини вчитель повинен враховувати, при організації навчально-пізнавальної діяльності школярів. У оптимальному поєднанні колективної, групової та індивідуальної роботи закладені можливості для активізації учення кожного учня.

Оскільки учень може набути знання та уміння тільки в процесі власної активної діяльності, то при вдосконаленні форм організації учення слід постійно мати на увазі місце індивідуалізації навчання в загальному процесі учення школярів.

У сучасних умовах індивідуальний підхід у навчанні забезпечує підвищення активності вчення кожного школяра і на цій основі реалізацію принципу активності в навчанні і можливий через організацію самостійної роботи з використанням завдань зі зростаючим рівнем складності. Групові та індивідуальні форми навчання повинні виступати в різноманітних сполученнях, що забезпечує успіх діяльності кожного учня. Використання різноманітних форм організації учення школярів підвищує рівень їх пізнавальної активності, бо при цьому створюються умови для максимального прояву самостійності кожним учнем.

Висновки. Для більш ефективної реалізації принципу активності необхідна зміна погляду на сутність учіння, що включає в себе опанування не лише знаннями, вміннями й навичками, але й способами одержання та переробки інформації, самоуправління навчально-пізнавальної діяльністю. Так можуть бути створені умови для підвищення ролі самого учня в процесі учіння, коли він з об'єкту, що керованого вчителем, перетворюється в суб'єкт діяльності. Тому розвиток пізнавальної активності учнів у процесі навчання фізики на основі модульно-розвивальної технології відбувається відповідно до умов:

– у змісті навчальних предметів необхідно чітко виділити систему ведучих знань і способів одержання і переробки інформації, вмінь самоуправління процесом пізнання; характер викладення навчального змісту й методичний апарат підручників повинні забезпечити активну навчально-пізнавальну діяльність учнів;

– у формах організації учіння школярів повинна бути збільшена питома вага самостійних робіт, у яких повинна бути підсилена пошукова діяльність школярів, підвищений ступінь самостійності при виконанні робіт, здійснений індивідуальний підхід у навчанні:

– необхідно оптимально поєднувати репродуктивні й пошукові методи навчання, підвищивши роль останніх, з тим, щоб вони в більшій мірі сприяли організації активної навчально-пізнавальної діяльності учнів, формували пізнавальну потребу, забезпечували оволодіння інтелектуальними та загальними навчальними вміннями.

Перспективи подальших пошуків у напрямку дослідження. Теоретично обґрунтувати та розробити систему засобів впливу на учня, що спрямована на мобілізацію всіх внутрішніх сил учня – інтелекту, волі почуттів, і значно підвищує рівень свідомого засвоєння знань.

Література

1. Бугаев А. И. Методика преподавания физики в средней школе: Теоретические основы : учебное пособие для студентов пединститутів по физ.-мат. спец. / А. И. Бугаев. – М. : Просвещение, 1981. – 288 с.

2. Грязнов Ю. П. Розвиток пізнавальної активності школярів під час навчання як інноваційний процес / Грязнов Ю. П., Лісіна Л. О. // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 4. – С. 2–5.

3. Грязнов Ю. П. Развитие познавательной активности учащихся: психолого-педагогический аспект / Грязнов Ю. П., Лисина Л. А., Самойленко П. И. // Специалист. – 1998. – №2. – С. 30–33.

4. Грязнов Ю. П. Технології активного навчання фізики: розвиваюча, проблемна, диференційована, модульна / Грязнов Ю. П. // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – № 6. – С. 13–18.

5. Грязнов Ю. П. Методичні основи системи роботи вчителя фізики з розвитку пізнавальної активності учнів / Грязнов Ю. П. // Матеріали науково-практичної конференції «Дидактичні проблеми фізичної освіти в Україні». – Чернігів, 1998. – С. 45–47.

6. Грязнов Ю. П. Дидактичні принципи формування професійної компетентності спеціаліста у процесі навчання фізики на модульній основі / Грязнов Ю. П., Сергєєв О. В. // Матеріали III Всеукраїнської наукової конференції «Фундаментальна та професійна підготовка фахівців з фізики». – Частина I. – К., 1998. – С. 72–76.

7. Дусаविцкий А. К. Развитие личности в учебной деятельности / А. К. Дусаविцкий. – М. : Дом педагогики, 1996. – 203,[1] с.

ЛАЗЕРНА ТІНЬОВА ДІАГНОСТИКА ДИСПЕРСНОЇ ФАЗИ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ДВОФАЗНОГО СТРУМЕНЯ

О. І. Денисенко¹, В. І. Цоцко²

¹ Україна, м. Дніпропетровськ, Національна металургійна академія
України

² Україна, м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський державний аграрний
університет
adenysenko@mail.ru

Новий підхід до проблеми формування без зв'язуючого композитних функціональних шарів електродів для літєвої енергетики, пов'язаний із інжекцією надзвуковим струменем дисперсної фази електрохімічно активної речовини в приповерхневий шар провідника, було започатковано в НМетАУ під керівництвом проф. Є. П. Калінушкина і акад. Ю. М. Тарана-Жовнира [1].

Газодинамічне напилювання є одним із способів нанесення функціональних покриттів, заснованим на імпульсній обробці поверхні виробу мікрочастинками порошкового матеріалу. Його відмінність від газотермічного полягає в тому, що зчеплення на контакті з основою утворюється за рахунок енергетично-деформаційних проявів ударних гальмувань порівняно холодних високошвидкісних мікрочастинок [2].

Завдяки тому, що інжекційне впровадження в електродну поверхню оксидного порошку з високошвидкісного двофазного струменя є процесом термодинамічно нерівноважним, стає можливим формування в умовах інтенсивних механічної активації і дисипації енергії металокомпозитного функціонального шару з унікальним комплексом фізико-хімічних і механічних властивостей.

Відомо [3], що технологічні процеси із використанням дисперсних систем характеризуються неповнотою апріорної інформації, у першу чергу про дисперсний склад, а також значним запізнюванням у каналах управління, що приводить до погіршення якості одержуваних виробів.

Необхідність вдосконалення методів і засобів діагностики дисперсної фази двофазних струменів обумовлена зростаючою актуальністю проведення прямих вимірювань параметрів дисперсних мікрочастинок при оптимізації технологій із застосуванням подрібнених матеріалів. Найбільш інформативними та експресними і через те найбільш придатними для використання в системах контролю і керування дисперсним складом в процесах із використанням дисперсних систем є фотоелектричні методи [3; 4], які потенційно здатні забезпечити контроль дисперсного складу в режимі реального часу.

Зважаючи на те, що діапазон розмірів (2 – 40 мкм) мікрочастинок, вихідних для технології інжекційного синтезу композитних функціональних матеріалів порошків, є одного порядку із діаметром сфокусованого лазерного променя вимірювальних лазерів, представляються доцільними адаптація і використання до двофазних потоків із цими порошками методів лазерної діагностики.

Оптична діагностика двофазних потоків на основі реєстрації параметрів тінювих сигналів від одиничних часток із застосуванням лазерного випромінювання для формування вимірювальної зони є напрямом техніки фізичного експерименту, що динамічно розвивається [3; 4]. Інформація про такі параметри двофазних струменів, як швидкість і розміри дисперсних включень, розподіл їх по потоку, необхідна для атестації і оптимізації використання цих систем, визначає актуальність розробки і вдосконалення незбурюючих безконтактних методів дослідження параметрів дисперсної фази.

Різноманіття чинників, які впливають на формування діагностичних імпульсів при пересіченні частками дисперсної фази оптичної вимірювальної зони довільної конфігурації із стабільним в часі нерівномірним розподілом інтенсивності зондуючого променя і є визначальними щодо форми і взаємозв'язків характеристик оптичних сигналів і параметрів відповідних часток двофазного потоку, в основному зводиться до ефекту віньєтування.

Основні тенденції вдосконалення діагностичної апаратури лазерних спектрометрів дисперсної фази на етапі формування оптичного вимірювального об'єму групуються в два напрями.

Перший напрям пов'язаний з вимогою однозначності зв'язку між параметрами одиничного реєструемого оптичного імпульсного сигналу і частки, що формує цей сигнал, наприклад між розміром частки і амплітудою оптичного сигналу. При цьому апаратними засобами, що реалізують жорсткі вимоги до властивостей вимірювального об'єму, пригноблюються прояви ефекту віньєтування в реєструємій інформації і забезпечується відбраковування сигналів від двох або більшої кількості часток, якщо вони одночасно потрапляють у вимірювальний об'єм [3].

Другий напрям, до якого відноситься викладений в цій публікації алгоритм, пов'язаний із загальнішою вимогою однозначності функціонального зв'язку розподілів по параметрах сукупності оптичних сигналів і розподілів по параметрах сукупності часток дисперсної фази, що формують цю сукупність сигналів [4].

Перспективи енерго- і ресурсозбереження при дослідженнях двофазних потоків у напрямі підвищення інформаційної ємності методу лазерної тінювої діагностики пов'язані з проблемою оптимізації швидкості

набору інформації про параметри сигналів від часток, а достовірність експериментально реєструємих функцій розподілів значною мірою визначається характером часової залежності надходження цієї інформації. В результаті оптимального налаштування оптичного вимірювального об'єму на досліджувану зону двофазного потоку сигнали від часток розділяються в часі проміжками відсутності часток в рахунковому об'ємі, а мінімізація часу цих проміжків забезпечує економічну і інформаційну ефективність вимірів [5].

Ефект віньеттування виявляється в тому, що вся область рахункового об'єму може бути розбита по чутливості на ряд зон, в яких реакція приймача на попадання в них часток одного і того ж розміру і природи значно відрізняється. Унаслідок того, що частки, які потрапляють в граничні зони рахункового об'єму, формують сигнал, істотно менший того значення, яке повинне спостерігатися при попаданні цих же часток в центральну зону, зменшення амплітуди сигналу інтерпретуватиметься електронною частиною приладу як частки меншого розміру, що обумовлює спотворення спостережуваного спектру розмірів часток дисперсної фази. Із зменшенням розмірів вимірювального об'єму, як правило, зростає міра прояву ефекту віньеттування [4].

Розглянемо алгоритм визначення двовимірної функції розподілу дисперсної фази полідисперсного, полішвидкісного двофазного потоку по розмірах і швидкостях лазерним тіншовим методом для оптичного вимірювального об'єму з довільною конфігурацією за умови стабільності в часі нерівномірного розподілу інтенсивності зондуючого променя.

Послідовність етапів функціональних перетворень параметрів сукупності діагностичних сигналів від часток дисперсної фази до двовимірної функції розподілу об'ємної щільності часток по параметрах наведена на рис. 1. На схемі кожен етап пронумерований в лівому верхньому кутку символізуючого його прямокутника, який містить усередині підсумкову (для етапу) функцію розподілу по відмічених виділеними крапками і помічених відповідними символами параметрах діагностичних імпульсів або часток дисперсної фази. З'єднання лініями крапок, відповідних параметрам, символізують віднесення цих параметрів до одного й того ж об'єкту (частка дисперсної фази) як при реєстрації характеристик діагностичних сигналів, так і при подальших функціональних перетвореннях.

Розглянемо етапи перетворень параметрів діагностичних сигналів від часток дисперсної фази до двовимірної функції розподілу об'ємної щільності часток по параметрах в порядку, відповідному схемі, наведеній на рис. 1.

Етап 1. Експериментальна реєстрація трьохвимірної функції роз-

поділу тіньових сигналів від часток двофазного потоку по параметрах.

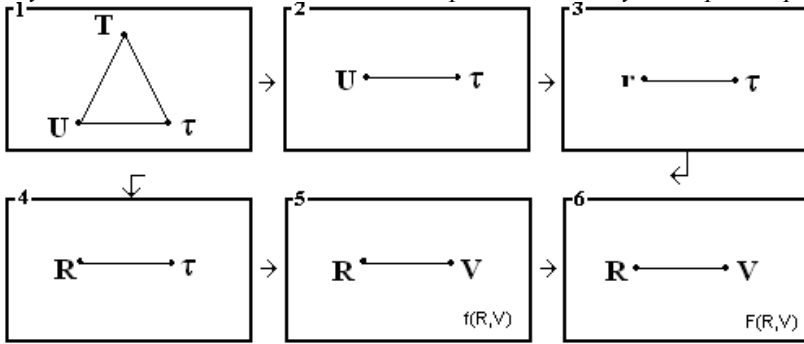


Рис. 1. Етапи перетворень функції розподілу по параметрах тіньових сигналів від часток дисперсної фази до двовимірної функції розподілу об'ємної щільності часток по розмірах і швидкостях

На рис. 2 наведено приклад оптичної схеми установки для лазерної тіньової діагностики мікрочастинок дисперсної фази двофазного струменя. Промінь лазера 1 лінзою 2 фокусується в межах двофазного струменя 3. Мікрочастинки дисперсної фази формують тіньові діагностичні сигнали при перетинанні вимірювального оптичного об'єму сфокусованого лазерного випромінювання із нерівномірним, але стабільним в часі розподілом інтенсивності. Ці сигнали поступають в приймальний оптичний канал, що містить фокусуєчу лінзу 2, світлофільтр 4 і фотоелектронний перетворювач 5.

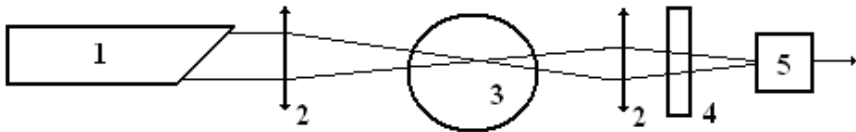


Рис. 2. Оптична схема лазерної діагностики дисперсної фази двофазного струменя (1 – лазер, 2 – лінзи, 3 – досліджуваний струмінь, 4 – світлофільтр, 5 – фотоелектронний перетворювач) [6]

Нехай експериментально реєструема на послідовних інтервалах часу статистична інформація про багатовимірний розподіл по параметрах тіньових сигналів від часток дисперсної фази двофазного потоку, що пересікають оптичний вимірювальний об'єм, представима у вигляді функції $f(U, \tau, T)$ на інтервалах амплітуд U сигналів від часток по приймальному оптичному каналу, їх тривалостей τ і тривалостей T послідовних інтервалів часу набору інформації.

Функція $f(U, \tau, T)$ залежно від способу реєстрації може бути задана множиною груп із значень параметрів U, τ, T , зареєстрованих в порядку надходження експериментальної інформації, або багатовимірною гістограмою, що статистично не опрацьована, або на групах інтервалів тих же параметрів.

Етап 2. Виділення з функції $f(U, \tau, T)$ стабільного в часі розподілу по параметрах.

У спектрометрах дисперсної фази реєстрація експериментальної інформації може бути організована безпосередньо на матриці лічильників імпульсів або приведена до такої ж структури подальшим розподілом сигналів по сітках інтервалів розбиття діапазонів реєструємих параметрів. У будь-якому з вищезазначених варіантів параметру швидкості рахунку властиві затухаючі із зростанням часу і числа накопичуваних сигналів осциляції, що породжуються дискретністю характеру реєстрації. Величина швидкості рахунку, що має статистичний характер, є основною вимірюваною експериментально характеристикою двофазного потоку в кожній рахунковій комірці, утвореній пересіченням інтервалів всіх реєструємих параметрів.

Реєстрація параметрів діагностичних сигналів на послідовних інтервалах часу тривалістю T дозволяє обчислювальними методами визначати кількісну оцінку стабілізації швидкості рахунку по мірі накопичення сигналів в будь-якій утвореній пересіченням інтервалів реєструємих параметрів розрахункової комірки [5]. Обчислювальними методами, заснованими, наприклад, на евристичних алгоритмах [7] розв'язання задачі таксономії, перетворенням гістограм на первинних (реєстраційних) інтервалах параметрів, що статистично не опрацьована, в гістограму на об'єднаних інтервалах може бути виконане виділення з функції $f(U, \tau, T)$ стабільного в часі розподілу по параметрах $f(U, \tau)$ з урахуванням часової стабілізації перераховуваної швидкості рахунку в будь-якій розрахунковій комірці, утвореній пересіченням об'єднаних інтервалів реєструємих параметрів.

Етап 3. Перетворення функції $f(U, \tau)$ розподілу по амплітудах сигналів до розподілу $f(r, \tau)$ часток дисперсної фази по розмірах, що «ввижаються».

На цьому етапі перетворення використовуємо результати попереднього калібрування у формі функціональної відповідності розмірів r часток дисперсної фази, що пропускаються через оптичний вимірювальний об'єм, і максимальних з відповідних цим часткам амплітуд U діагностичних сигналів.

При однозначному зв'язку величини U амплітуди сигналу з розміром r частки, яка формує цей сигнал (характерному для оптичного вимі-

рювального об'єму з рівномірним по перетину розподілом інтенсивності і забезпеченням відбраковування сигналів від часток, що пересікають краї його перетину), вживання перетворення $U=f(r)$ переводить функцію розподілу по амплітудах сигналів від часток у функцію розподілу по розмірах часток.

При неоднозначному зв'язку величини U амплітуди сигналу з розміром частки, яка формує цей сигнал (характерному для оптичного вимірювального об'єму із стабільним в часі нерівномірним розподілом інтенсивності), використання перетворення $U=f(r)$ переводить функцію $f(U, \tau)$ розподілу по амплітудах сигналів від часток у функцію $f(r, \tau)$ розподілу часток по розмірах, що «ввижаються», і для виділення з неї функції розподілу по розмірах необхідне використання методики врахування ефекту віньетування.

Перетворення від $f(U, \tau)$ до $f(r, \tau)$ з використанням калібрувальної функції $U=f(r)$ не зачіпає в цих розподілах функціональний зв'язок з тривалістю τ сигналів від часток.

Етап 4. Перетворення функції розподілу $f(r, \tau)$ часток дисперсної фази по розмірах, що «ввижаються», у функцію розподілу $f(R, \tau)$ по розмірах часток дисперсної фази.

Хай в результаті попередньо виконаного калібрування використаного оптичного вимірювального об'єму буде сформована двовимірна функція $U(R, r)$ розподілу вірогідності реєстрації частки розміру R у вигляді частки, що «ввижається», з розміром r [2].

Для визначення функції розподілу часток дисперсної фази по розмірах на підставі функції розподілу по розмірах, що «ввижаються», з врахуванням результатів попереднього калібрування $U(R, r)$ застосуємо співвідношення:

$$F(r) = f_n(r) - \int_r^{r_{\max}} F(R) \cdot U(R, r) \cdot dR. \quad (1)$$

Для максимального значення діапазону розмірів співвідношення (1) набере вигляду:

$$F(r_{\max}) = f_n(r_{\max}). \quad (2)$$

Визначення функції $F(r)$ в області $r < r_{\max}$ організуємо у такий спосіб. Розіб'ємо діапазон зміни r , починаючи з r_{\max} , на інтервали. Для кінця першого інтервалу, прилеглого до r_{\max} , співвідношення (1) запишемо у вигляді:

$$F(r_1) = f_n(r) - F(r_{\max}) \int_{r_1}^{r_{\max}} U(R, r) \cdot dR. \quad (3)$$

У співвідношенні (3) і в подальшому використовується спрощуюче припущення – значення функції $F(r)$ на більшому краю інтервалу по r

(на стадії перетворення функції розподілу по розмірах, що «ввижаються», у функцію розподілу по розмірах) надається всім r з цього інтервалу, що дозволяє винести, наприклад, $F(r_{\max})$ за знак інтеграла у виразі (3) і обчислити інтеграл. Для обчислення інтеграла з функції $U(R, r)$ на інтервалі $[r, r_{\max}]$ по параметру R виділяється для значення r функціональна залежність по R , яка і інтегрується у вказаних для R межах. Після розрахунку значення функції $F(r)$ в точці r_1 на кінці першого інтервалу послідовно виконуємо розрахунки функції $F(r)$ в точках r_i на кінцях решти інтервалів по черзі, використовуючи кожного разу співвідношення:

$$F(r_i) = f_n(r_i) - \sum_{p=0}^{i-1} F(r_p) \cdot \int_{r_{p+1}}^{r_p} U(R, r_i) \cdot dR. \quad (4)$$

В результаті врахування ефекту віньетування для меж інтервалів розбиття діапазону по r визначимо значення $f(R)=F(r)$, що відрізняються на величину сумарного внеску від часток великих розмірів у всі частини діапазону, відповідні часткам менших розмірів.

Етап 5. Перетворення функції $f(R, \tau)$ розподілу по тривалостях імпульсів від часток у функцію $f(R, V)$ розподілу по швидкостям часток дисперсної фази.

З розподілу $f(R, \tau)$ по розмірам часток дисперсної фази і по тривалостям сигналів від них, використовуючи результат заздалегідь проведеного калібрування по довжинам L траєкторій у вимірювальній зоні для часток різних розмірів, приведений до форми двовимірної функції $\Phi(L, R)$ розподілу по довжинам траєкторій і розмірам часток [8], перетворенням:

$$f(R, V) = \int_{\tau_{\min}}^{\tau_{\max}} f(R, \tau) \cdot \Phi(V \cdot \tau - R, R) d\tau \quad (5)$$

(використана оцінка $L=V \cdot \tau - R$) перейдемо до рахункового розподілу часток за швидкостями у вигляді $f(R, V)$.

Етап 6. Перетворення рахункової функції $f(R, V)$ розподілу часток по їх параметрах у функцію $F(R, V)$ розподілу об'ємної щільності часток по їх параметрах.

При перетворенні рахункової функції $f(R, V)$ розподілу часток по їх параметрах в об'ємну $F(R, V)$ врахуємо функціональний характер залежності величини площі перетину оптичної вимірювальної зони від розміру часток дисперсної фази $S(R)$, а також розкид часток за швидкостями. З отриманої раніше рахункової функції $f(R, V)$ визначимо функцію розподілу об'ємної щільності часток по їх параметрах:

$$F(R, V) = \frac{f(R, V)}{K_3 \cdot S(R) \cdot V}, \quad (6)$$

де нормуючий коефіцієнт визначиться виразом:

$$K_3 = \int_{R_{\min}}^{R_{\max}} \int_{V_{\min}}^{V_{\max}} \frac{f(R, V)}{S(R) \cdot V} dV dR. \quad (7)$$

Стосовно технології інжекційного синтезу композитних функціональних матеріалів для літєвої енергетики застосування лазерної діагностики доцільні в першу чергу до дисперсної фази при організації оперативного контролю режиму транспортування порошку електрохімічно активної речовини до надзвукового сопла, а також індикації (або дослідження) параметрів дисперсної фази в двофазному струмені безпосередньо над оброблюваною поверхнею тонкого стрічкового електрода.

Перспектива підвищення інформаційної ємності методу лазерної тіньової діагностики визначається можливістю оптимізації швидкості накопичування інформації про параметри сигналів від часток дисперсної фази. На підставі аналізу етапів перетворення інформації в оптичних і електронних вузлах лазерних спектрометрів дисперсної фази вимога оптимізації швидкості рахунку зведена до мінімізації часу оцифрування амплітуди і тривалості імпульсного сигналу від частки і їх реєстрації [9].

Література

1. Денисенко А. И. Программно-аппаратный комплекс для инъекционного синтеза композитных функциональных материалов / А. И. Денисенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Выпуск 3/1(45). – Харьков, 2010. – С. 44-48.
2. Данченко В. Н. Газодинамическое напыление металлических порошков / В. Н. Данченко, А. Н. Головки // Физика импульсной обработки материалов / Ред. В.В. Соболев. – Днепропетровск : АРТ-ПРЕСС, 2003. – С. 83-112.
3. Тігарєв А. М. Контроль та управління дисперсним складом порошків у технологічних процесах їх виробництва : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.13.07 / Тігарєв А. М. ; Одеський національний політехнічний університет. – Одеса, 2004. – 20 с.
4. Денисенко А. И. К взаимосвязи многомерных функций распределений частиц двухфазного потока и теневых сигналов от них по параметрам / А. И. Денисенко // Системные технологии : региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск (49). – Днепропетровск, 2007. – С. 149-160.
5. Денисенко А. И. Оптимизация скорости накопления статистической информации лазерным спектрометром дисперсной фазы / А. И. Денисенко, В. Б. Однороженко, А. П. Нефедов // Измерения в потоках. Методы, аппаратура и применение. – М., 1990. – С. 12.
6. Денисенко О. І. Застосування дисперсної діагностики при інжек-

ційному синтезі композитних функціональних матеріалів / О. І. Денисенко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Випуск 4/5 (46). – Харків, 2010. – С. 37-41.

7. Денисенко О. І. До проблеми виділення функції розподілу по параметрах імпульсів з гістограм при лазерній діагностиці дисперсної фази плазмових потоків / О. І. Денисенко // Україна наукова 2003. – Дніпропетровськ, 2003. – Т. 31. – С. 24-26.

8. Денисенко А. И. Преобразование распределения сигналов по длительности в распределение частиц дисперсной фазы по скоростям / А. И. Денисенко, В. Б. Однороженко, А. Н. Кузнецов, Н. Г. Патеюк // Измерения в потоках. Методы, аппаратура и применение. – М., 1990. – С. 11.

9. Денисенко А. И. К оптимизации лазерной диагностики дисперсной фазы в инъекционной технологии синтеза композитных материалов / А. И. Денисенко // Системні технології : регіональний межвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (73). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 66-71.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАУКИ И ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Ю. М. Дубинянский, В. И. Шостка
Украина, г. Симферополь, Таврический национальный университет
им. В. И. Вернадского
vshostka@yandex.ru

В современных условиях, когда Украина стремится интегрироваться в европейское образовательное пространство, остро стоит вопрос о структурной реформе образования, направленной на обеспечение мобильности, трудоустройства и конкурентоспособности специалистов с высшим образованием. Одним из условий этого является реализация системой высшего образования страны идей Болонской конвенции, в соответствии с которой предусмотрено приведение систем образования стран Евросоюза к единым стандартам. Интегрироваться Украине в Европейское образовательное пространство, безусловно, нужно, причем, стремиться не просто войти, а интегрироваться. И начинать необходимо не с декларирования стандартов, кредитов, повышения платы за обучение, а с улучшения материально-технической базы, качества образования, улучшения системы финансирования и вознаграждения, оплаты труда работников образования и науки.

Реформирование системы образования в Украине можно охарактеризовать следующими ключевыми моментами [1]:

- изменение целей и стратегии образования;
- внедрение современных информационных и инновационных технологий и переоснащения учебного процесса;
- развивающее и опережающее обучение;
- гармоническая взаимосвязь содержания всех звеньев и уровней системы образования;
- непрерывность образования, которое должно дать возможность человеку постоянно углублять общеобразовательную подготовку;
- гуманизация, гуманитаризация и экологизация образования;
- органическая интеграция науки, образования и производства в единое целое;
- повышение мобильности специалистов на рынке труда;
- и в связи с этим расширение и разработка новых моделей подготовки специалистов.

В связи с вышеизложенным главная цель настоящего времени – это высокое качество подготовки специалистов, сочетание высокого профессионализма со всесторонним развитием личности. Способ реализации этого, прежде всего, заключается в обучении без принуждения, творческом сотрудничестве студента и преподавателя, развитие у студентов творческого потенциала и познавательного интереса.

Опыт многих вузов Украины и Таврического национального университета им. В. И. Вернадского, в частности, показывает, что предпосылки к положительному решению определенных Болонским соглашением задач имеются [2]. Однако нельзя его слепо копировать и внедрять, надо учитывать специфику подготовки на том или ином факультете. Преподаватель из источника информации превращается в менеджера, организатора учебного процесса. Не преподаватель должен вести студента к поставленной цели, а студент, опираясь на помощь преподавателя, самостоятельно через огромную и созидательную работу добивается ее. Все зависит от мотивации человека к творческой деятельности, к образованию и самообразованию.

Большинство сегодняшних выпускников школ имеют весьма условное представление о том, где бы они хотели или смогли бы продолжить обучение, кем они станут и где найдут применение после окончания того или иного вуза. Существенная проблема средней школы заключается в том, что еще в ее стенах у подавляющего большинства учащихся отпадает желание учиться, стремление к знаниям. Результатом этого является ограниченная память, мизерный баланс прочитанного, неумение самостоятельно мыслить или работать над поставленной задачей.

Коммерциализация системы образования, экспансия рыночных отношений в систему образования создали нездоровую ситуацию в обществе. Образовался своеобразный образовательный «базар». Зависимость многочисленных частных вузов, филиалов, учебных центров от количества обучающихся практически свела до минимума уровень требований к знаниям. Безусловно, есть и талантливые дети, но такие сегодня становятся большой редкостью.

Создание учебно-научно-производственных комплексов может помочь повысить научно-интеллектуальный потенциал страны, помочь формированию творческой личности. С этой точки зрения заслуживают внимания идеи создания моделей непрерывного образования в системе «гимназия – интернат для одаренных детей (центр внешкольной работы – станция юных техников – Малая академия наук) – высшие учебные заведения – академические учреждения». Такие комплексы дадут возможности создания образовательной среды для развития социально-адаптированных к творческой деятельности личностей независимо от

уровня материального положения или социального благополучия их родителей.

Важнейшим средством, формирующим творческие навыки будущих специалистов, при этом является самостоятельная творческая работа, особенно, научные исследования студентов.

В процессе преподавания необходимо делать особый акцент на узловых, фундаментальных проблемах той или иной отрасли науки. Фундаментальная и прикладная науки сегодня тесно связаны между собой, и подчас трудно провести грань, где заканчивается, например, фундаментальная физика, и начинается радиофизика и радиотехника, прикладная физика, биология и медицина. Реформа образования в Украине идет по пути гуманизации, гуманитаризации и экологизации образования – это, конечно, важно, но при этом нельзя забывать о фундаментальной науке. Необходимо сохранить фундаментальность высшего, особенно инженерно-технологического образования. Видный российский физик, Лауреат Нобелевской премии Жорес Иванович Алферов говорил по этому поводу следующее: «Я часто думаю о том, почему в России, вообще говоря, образование было таким успешным... оно по-настоящему возникло, вырастая на плечах таких гигантов, как Ньютон, Лейбниц, Декарт... Почему физтех так широко известен в стране и за рубежом? Он возник на плечах таких ученых, как Курчатов, Капица, Арцимович и другие. Он возник потому, что в 1918 году Иоффе понял, что нужно единство инженерного и физико-математического образования. Только в этом случае мы на самом деле смогли поднять уровень естественнонаучного образования... Серьезная подготовка по фундаментальной физике и математике дали нам огромное преимущество перед американцами, особенно в решении нешаблонных прикладных задач» [3, 4].

Какие же разделы методики преподавания физики являются наиболее важными в отношении формирования у будущих специалистов и научного мировоззрения и любви к будущей профессии?

На наш взгляд, это, прежде всего, вопросы истории развития физики. Знание того, как возникли основные физические понятия, какие практические задачи привели к открытию тех или иных законов, вехи биографии видных отечественных и зарубежных ученых, их путь к открытиям, несомненно, повысит интерес к физике, поможет более прочному закреплению полученных знаний в памяти.

При этом необходимо показывать историю физики как единый процесс, в котором физические представления изменяются от одного этапа к другому как нечто цельное, с присущими им характерными особенностями, свойственными каждой исторической эпохе.

Когда Ньютон разрабатывал основы классической механики, это

было событием не только для одной механики, но и для других отраслей физики. Учение об электричестве, а также оптика долгое время развивались под определяющим воздействием идей механики. Когда была разработана теория электродинамики Фарадея-Максвелла, ее идеи сказались определенным образом и в других областях физической науки. Точно также открытие квантов энергии сформировало новую эпоху в физике.

Большое значение, в связи с этим, имеет решение вопроса о закономерностях развития физической науки.

Первая закономерность обусловлена потребностями и прикладным значением физических законов.

Вторая закономерность связана с чередованием относительно спокойных периодов – эволюционных и периодов революционных изменений теорий, понятий, основных принципов в физике.

Третья закономерность связана с преемственностью в развитии физики, т.к. развитие физической науки представляет собой непрерывное поступательное движение вперед в познании окружающего нас мира.

И, наконец, в развитии физической науки используется метод моделей и аналогий. Можно привести массу примеров из истории физики, когда та или иная аналогия сыграла решающую роль в построении теорий. Исключительно велико влияние на развитие физики отдельных лиц. С полным основанием целые эпохи истории развития физики связываются с именами Ньютона, Фарадея, Планка, Эйнштейна, Бора.

Вместе с тем, для правильного формирования научного мировоззрения необходимо показывать роль отечественных ученых в развитии физической науки, роль научных школ, созданных в различных учебных заведениях, которые играют существенную роль не только в подготовке научных кадров, но и в продвижении физической науки от одного этапа к другому. История физики показывает, что физику нельзя считать результатом деятельности только выдающихся ученых, она есть плод коллективной работы ученых, посвятившей ей все свои силы.

В этом смысле преподавание истории физики помогает студентам воспринимать ее как науку в ее динамическом развитии. Известные трудности в решении этой проблемы состоят в том, что во многих университетах курсы истории физики не читаются или не являются обязательными. В курсах отдельных физических дисциплин времени на вопросы истории физики не выделяется. Отсюда многие студенты не знают не только законов, но и фамилий ученых, которые их открыли.

Оптимальным решением проблемы пропаганды фундаментальных знаний и привития интереса к физике, на наш взгляд, является введение в учебные планы физических факультетов курса истории физики как

обязательного.

Что же необходимо еще сделать, чтобы началось возрождение физической науки и естественнонаучного образования в Украине?

Прежде всего, нужно определиться, нужна ли наука Украине вообще. Необходимо разработать концепцию государственной научной политики, создав при этом механизм поддержки системы фундаментального образования, сосредоточив при университетах научно-исследовательские институты и другие научные учреждения, как отраслевые, так и академические.

В этой связи разбудить у молодежи стремление к фундаментальным наукам, к творчеству, желание учиться на уровне современных требований – вот насущная задача современного образования. Только при таком интегрированном подходе возможно появление новых моделей подготовки специалистов-физиков [4].

Литература

1. Шостка В. И. Современные проблемы науки и образования / Шостка В. И. // Таврический ун-т. – 2005. – № 7–8(933). – С. 4–5.
2. Дубинянский Ю. М. Высшее образование и проблемы подготовки на современном этапе / Дубинянский Ю. М., Шостка В. И. – // Современные проблемы науки и образования. – Харьков : Основа, 2006. – С. 208-209.
3. Дубинянский Ю. М. Проблемы подготовки специалистов естественно-научного профиля в области фундаментальных наук / Дубинянский Ю. М., Шостка В. И. // Сб. Межд. научно-метод. конф. «Фундаментальна освіта і формування гуманітарно-технічної еліти». – Харків : НТУ «ХПИ», 2009. – С. 26-27.
4. Дубинянский Ю. М. Деякі особливості викладання та оцінювання знань з фізики в умовах кредитно-модульної системи / Дубинянский Ю. М., Шостка В. И. // Вища освіта в Україні. – 2011. – Додаток 2 до № 3, т. VI (31). – Темат. випуск «Вища освіта в Україні в контексті інтеграції до Європейського освітнього простору». – С. 142–147.

СТУДЕНТСЬКІ ЛЕКЦІЙНІ ДЕМОНСТРАЦІЇ З ФІЗИКИ ЯК СПОСІБ ОСВІТИ І НАУКОВОЇ ТВОРЧОСТІ СТУДЕНТІВ

О. І. Єлізаров, М. О. Єлізаров

Україна, м. Кременчук, Кременчуцький національний університет
ім. Михайла Остроградського
yel@bigmir.net

Стало звичним розуміти під новітніми технологіями в освіті комп'ютеризацію навчального процесу. Комп'ютеризація має певний позитив, але фетишизувати її не варто, адже люди створювали комп'ютер не як інструмент пізнання і навчання, а як інструмент для розв'язування математично складних інженерних задач. В подальшому функції комп'ютера значно розширились: його стали широко використовувати в системах управління технологічними процесами, мережах телекомунікацій тощо.

Легкість доступу до відомостей, що виступають як благо для вже сформованого мозку, створюють проблему: процес «скачування» даних породжує в учня чи студента ілюзію осмислення і оволодіння матеріалом і виконання тим самим учбового завдання – важкий аналіз, не зачепивши глибоко свідомість, опиняється на її задвірках. В результаті учнівська молодь не розвиває в собі здібності до логічного мислення, зіставлення і критичного аналізу. Це все одно, що спортсмену замінити обтяжливе тренування легкими розминками. Так формується поверховий рівень знань, що фактично і відтворено сучасною українською як середньою, так і вищою школою. Безперечно, цьому є ще ряд інших і не менш вагомих причин.

Можна глянути на цю проблему і з іншого боку. Сам комп'ютер є втіленням досягнень сучасної наукової та інженерної думки, практичною реалізацією пізнаних людиною законів електродинаміки, квантовомеханічних уявлень поведінки електронної системи в напівпровідниках, здобутків матеріалознавства і т.п. І тут ми зробимо наголос, що люди пізнали ці закони, дійшли цих уявлень і досягли цих здобутків без комп'ютера, який, отже, не є ключовим елементом процесу пізнання.

В основі навчання, окрім передання навчальних відомостей, лежать розвиток у майбутніх дослідників логічного мислення через розв'язування задач, набуття вміння вести спостереження, ставити досліди і аналізувати їх результати, набуття відповідно фаху практичних навичок і знань. Комп'ютеризація навчального процесу часто ведуть до його механізації, формалізації, загрожуючи тим, що як для учня, так і для викладача, процес навчання втратить найголовніше – свій творчий харак-

тер. Тим самим технології вибудовують в учня бар'єр несприйняття матеріалу, відсторонюють його від копіткої роботи пізнання і навчання.

Беручи до уваги сказане, можна стверджувати, що лабораторний практикум при викладанні природничих і інженерних дисциплін має залишатись ключовим елементом навчального процесу. Суттєвою частиною навчання, зокрема, експериментального курсу фізики, мають бути лекційні демонстрації. Як правило, всі основні явища, про які йдеться на лекції, треба демонструвати на досліді. У методичному відношенні лекційні демонстрації будь-яке явище роблять для слухачів яснішим і зрозумілішим, ніж при його словесному описанні, сприяють легшому засвоюванню та запам'ятовуванню. Добре проведена демонстрація збільшує інтерес студентів до предмету, діє не лише на розумову, а й на емоційну сферу, будить уяву. До певної міри демонстрація має виглядати як невелике театральне дійство, проте не мати відтінку циркового трюку.

Скорочення аудиторних годин на викладання фізики, а також можлива (в силу розкладу) одночасність читання різними викладачами кафедри в різних аудиторіях лекцій з однієї тематики часто технічно ускладнюють системне супроводження курсу фізики лекційними демонстраціями. Оскільки фізика – це природнича наука, яка своєю доказовою базою передусім спирається на результати досліду, відсутність лекційних демонстрацій слід вважати за суттєву методологічну ваду («краще один раз побачити, ніж сто разів почути»).

Для надання більшої вагомості лекційним демонстраціям кафедра фізики КНУ ім. Михайла Остроградського проводить спеціальні дні-конференції лекційних демонстрацій. В навчальному році таких конференцій чотири. Тематично вони охоплюють увесь курс фізики, а саме: «Механіка», «Молекулярна фізика і термодинаміка», «Електрика і магнетизм», «Оптика і атомна фізика». З кожного із цих розділів демонструється 8–12 дослідів.

Головним тут є те, що демонстрації готують під керівництвом викладачів самі студенти, вони ж і демонструють їх на велику аудиторію. Оскільки в кожній демонстрації беруть участь, як правило, дві особи, то до такого творчого процесу вже на перших курсах ми залучаємо значну кількість студентів. До кожної демонстрації студенти готують реферат, в якому висвітлюють суть явища, покладеного в основу демонстрації, наводять схему досліду, описують принципи функціонування тих чи тих приладів, аналізують результати демонстрації, торкаються історичного аспекту дослідження фізичного явища. Готуючи демонстрацію, студенти дістають практичні навички роботи з приладами, конструювання і виготовлення потрібних пристроїв. Далі йде відпрацювання публічного

виступу. Для багатьох він перший в житті і не всім дається легко. Бувають і прикрі моменти, але вони нівелюються реакцією доброзичливої аудиторії, яка з цікавістю стежить виступи своїх товаришів. З урахуванням творчого характеру такої роботи «Дням лекційних демонстрацій» надано статусу наукових студентських конференцій.

Відбираючи досліди на демонстрації, ми керувалися перш за все їх прозорістю і простотою апаратури. Складна апаратура маскує суть явища. Окрім цього, простота досліду, який супроводжується вагомим результатом, як, наприклад, вимірювання розміру молекул олеїнової кислоти чи дослідження особливостей проходження електромагнітних хвиль частот мобільного зв'язку через різні середовища, переконує учасників конференції в здатності творчої людини навіть простими засобами глибоко проникати в таїни природи. Все це розвиває спостережливість, свідчить кожному, що фізика навколо нас.

Методично важливо, на наш погляд, представляти кожную демонстрацію у тісному взаємозв'язку з фізичними явищами, які є спорідненими чи супутніми явищу цієї постановки. Тут корисно запрошувати аудиторію обговорити можливі варіації досліду чи відповіді на цікаві, та навіть провокативні, питання.

Те, що показ дослідів з певної тематики відбувається в один день лекційних демонстрацій, дозволяє зробити його технічно досконалішим. Йдеться про використання сучасних комп'ютерних технологій. Вони надають можливість за допомогою відеокамер і мультимедійного проектора відтворювати в режимі реального часу на великому екрані і в потрібному масштабі все, що відбувається на столі демонстратора. При цьому деякі фізичні явища, такі, наприклад, як дифузія, термоемісія, фотоефект і т.п., механізм яких важко візуалізувати безпосередньо на досліді, взагалі демонструються у вигляді доречних у даному випадку комп'ютерних версій. Все це збагачує конференцію і викликає додатковий інтерес учасників.

Підготовка і проведення такого роду заходів є корисною школою і для самих викладачів. У зв'язку з цим можна констатувати, що під час підготовки навіть досить відомих, можна сказати, класичних демонстрацій постановники знайшли оригінальні технічні рішення, або й цікаві варіанти досліду з новим фізичним змістом.

Так, наприклад, у відомому досліді з визначення розмірів молекул олеїнової кислоти замість тальку, який візуалізував розмір моношару молекул, ми застосували дрібно покритий пенопласт (рис. 3). Це усунуло труднощі з показом появи моношару на велику аудиторію.

Досить цікавими виявились модифіковані досліди з дошкою Гальтона при показі статистичних закономірностей. Класичні комірки, в

яких накопичуються розсіяні штирками при падінні ошурки, ми замінили на прозору і змащену оливою плівку. В цьому випадку ошурки прилипали до плівки і їх координатний розподіл можна було аналізувати по поглинанню світла. При цьому виявилася принципова відмінність розподілів при розсіюванні ошурків на хаотично і регулярно розміщених штирках (рис. 4, 5). В останньому випадку проявляється тонка структура розподілу. Він нагадує інтерференційні картини, що виникають при взаємодії світла з дифракційними ґратками або рентгенівських променів чи електронів з ґратками кристалів, хоча природа таких розподілів, звісно, інша. Модуляція отриманих в наших дослідах розподілів обумовлена періодичністю вільних і закритих для руху частинок шляхів, сформованих штирками ґратки. Період модуляції визначається періодом ґратки. Цікаво, що тонка структура розподілу виявилась чутлива до кута падіння на ґратку ошурків, локального порушення періодичності ґратки і т.п. Отримані результати дозволяють зробити принципово важливий висновок: хаотизовані взаємодією з регулярними утвореннями потоки частинок в своєму просторово-енергетичному розподілі в тій чи іншій формі зберігають інформацію про структуру розсіюючих їх об'єктів.

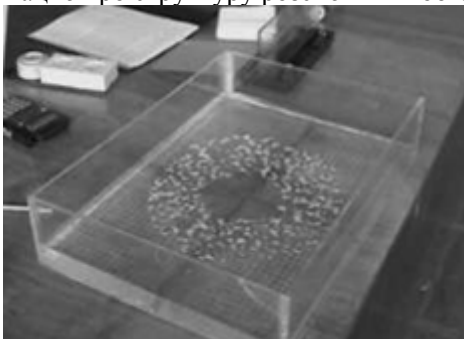


Рис. 3. Візуалізація розмірів краплі олеїнової кислоти за допомогою подрібненого пенопласту

Творчо підійшли постановники і до демонстрації розподілу концентрації частинок в силовому полі – розподілу Больцмана. Зазвичай цей розподіл демонструють як розподіл дробинок у вертикальній кюветі, де хаотизація руху частинок здійснюється вібратором: він виступає «джерелом теплової енергії» (рис. 6). Демонстрація має якісний характер і дозволяє побачити лише зменшення концентрації частинок з висотою. Щоб показати експоненціальну залежність концентрації частинок від висоти, ми вдосконалили прилад. У вузькій вертикальній стінці камери через однакові проміжки були зроблені отвори, діаметром трохи більші від діаметру імітуючих молекули кульок. Отвори слугували своєрідними

лузами, входом у прозорі пластикові трубки, кінцеві ділянки яких були закріплені вертикально на екрані з координатною сіткою. При ввімкненні приладу кульки починають потрапляти крізь отвори в трубки і скочуються по них униз, створюючи на екрані криву, близьку до експоненти (рис. 6). Далі за допомогою закріплених вздовж трубок лінійок вимірюють висоти l стовпчиків заповнення трубок кульками і на дошці будують графік, на якому по осі абсцис відкладають висоти h виходу трубок з камери, а по осі ординат у логарифмічному масштабі відкладають висоти l заповнення трубок. Оскільки розподіл Больцмана описується експонентою, то при такій побудові точки на графіку ляжуть на пряму лінію. Якщо в досліді змінити масу частинок, пряма на графіку змінить кут свого нахилу.

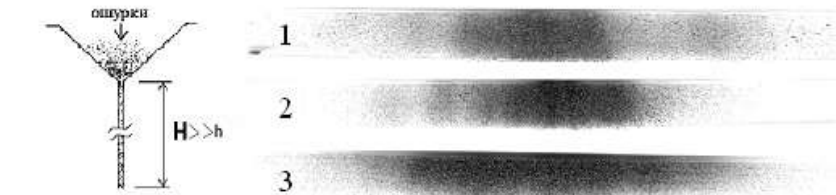


Рис. 4. Макет дошки Гальтона з полем хаотичних штирків та розподіли ошурок (в тіньовій проекції) на хаотичному полі штирків залежно від висоти падіння H (1 – висота 180 мм, 2 – 400 мм, 3 – 600 мм)

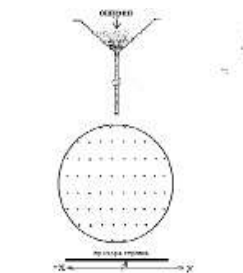
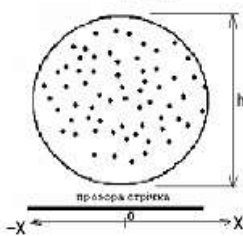


Рис. 5. Прояв тонкої структури в розподілі ошурок на регулярній ґратці та її макет (період ґратки 11 мм)

Великий інтерес аудиторії викликає демонстрація роботи двигуна Стірлінга. Довгий час ми показували її в класичному варіанті, тобто використовуючи як паливо сухий спирт. Тепер демонструємо «сонячний» варіант, коли запуск двигуна здійснюється від енергії світлового потоку з лампи розжарювання (рис. 7). Демонстрація супроводжується дискусією про способи і перспективи безпосереднього перетворення сонячної енергії в інші її види – механічну чи електричну.

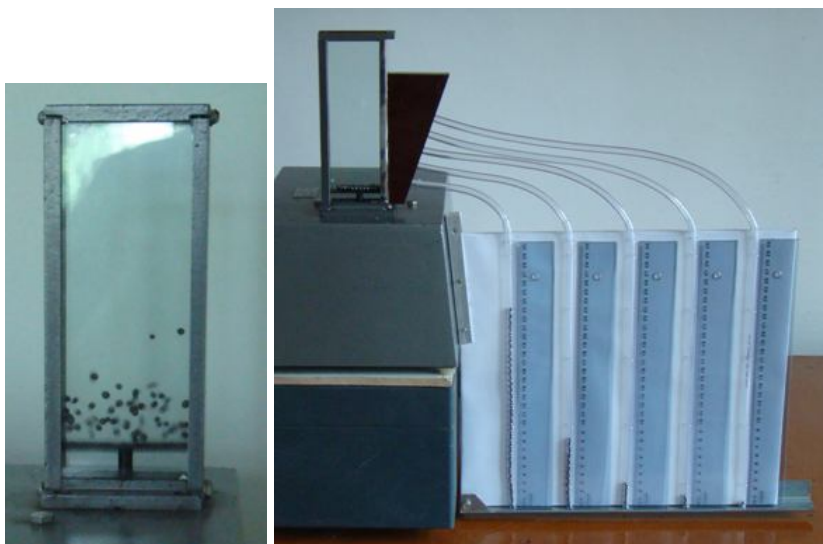


Рис. 6. Заповнюючи трубки, кульки відтворюють закон статистичного розподілу частинок у силовому полі



Рис. 7. Двигун Стірлінга працює від світла інфрачервоної лампи потужністю 240 Вт

З ще більшим захопленням студентська аудиторія реагує на дослід під умовною назвою: «Чи можуть капітани підводних човнів спілкуватися за допомогою мобільного телефону?» Історія постановки така. Демонструючи ефективність металу екранувати радіоприймач від попадання на його вхідний контур радіохвиль, замість радіоприймача ми помістили в закриту металеву коробку мобільний телефон і дістали зовсім

несподіваний результат: телефон реагував на виклик так, ніби не було суцільного екрану. Отже, вільні електрони металу, хоч як це й дивно поки що для нас, не поглинають енергію електромагнітних хвиль частот (~ 900 МГц) мобільного зв'язку. Досліди повели далі. Герметизувавши телефон поліетиленовою плівкою, помістили його в акваріум зі звичайною водою – телефон і далі відгукувався на виклики. У цьому міг переконатися будь-хто, зателефонувавши з свого мобільно телефону на номер – його записували на дошці – піддослідного телефону. Далі перед очима аудиторії демонстратор починає розчиняти у воді звичайну кухонну сіль, перетворюючи воду на електроліт. По досягненні певної концентрації розчину зв'язок втрачається. Демонстрація закінчується дискусією про роль електромагнітного випромінювання в житті біосфери (фотосинтез), про можливий негативний вплив на мозок людини хвиль технічного походження, адже біологічні клітини та кров – також електролітичне середовище. Дослід з мобільним телефоном має особливу цінність. Він дозволяє створити атмосферу причетності до процесу дослідження всієї аудиторії.

День лекційних демонстрацій відбувається в якомога урочистій обстановці: велику фізичну аудиторію прикрашають відповідно до тематики портретами визначних фізиків, відчувається певне хвилювання демонстраторів і членів кафедри, чи все вийде так, як хотілось? Вдалі демонстрації аудиторія зустрічає оплесками. Прикроші згладжуються доброзичливими репліками чи за допомогою викладача. Університетська газета «Політехнік» зазвичай відгукується схвальною статтею на цю подію, називаючи її невеличким святом науки.

Підготовка і проведення днів лекційних демонстрацій дає можливість найздібнішим студентам відчути свій творчий потенціал, збагатити уяву, дістати навички постановки дослідів, глибше проникнути в сутність фізичних законів і явищ, набути досвід публічного викладу своєї думки і спілкування з великою аудиторією. Присутнім студентам-спостерігачам фізика відкривається своїми новими гранями, успіх товаришів-демонстраторів підштовхує і їх самих до наукової творчості. Особливо це важливо з огляду на те, що до наукової творчості в даному випадку залучаються студенти першого та другого курсів.

Колектив викладачів кафедри фізики КНУ ім. М. Остроградського розглядає проведення днів лекційних демонстрацій як дієвий захід не лише пізнавально-навчального, а й виховного характеру.

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ДОДАТКУ ДО НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА З ФІЗИКИ

Ю. В. Єчкало

м. Кривий Ріг, Криворізький національний університет
uliaechk@mail.ru

Нова парадигма сучасної освіти орієнтує навчальний процес у вищих навчальних закладах на створення для студентів можливостей займати активну позицію у здобутті знань, на досягнення нових пізнавальних орієнтирів в опануванні майбутньою професійною діяльністю. Тому самостійна робота студентів має розглядатися як специфічна пізнавальна діяльність, яка поряд з іншими формами організації навчального процесу самостійно реалізується самими студентами за запропонованою викладачем або за власноруч розробленою програмою, що поглиблює і доповнює аудиторні форми навчання.

Така діяльність студентів потребує відповідної організації та дидактичного забезпечення навчального процесу, зокрема розробки навчально-методичного комплексу, який дозволяє принципово перебудувати систему освіти, трансформувати її до сучасних умов.

Методичні основи створення навчального комплексу з фізики у вищих навчальних закладах:

- розроблення навчального комплексу має здійснюватись на основі принципів навчання, які відображають об'єктивні закономірності навчального процесу і виконують роль вихідних постулатів;

- навчальний комплекс має бути адаптованим до індивідуальних рівнів навчально-пізнавальної діяльності, сформованості умінь до самостійної діяльності, мотиваційної сфери студентів;

- навчальний комплекс має забезпечувати створення відповідних психолого-педагогічних умов для самореалізації і самовизначення студентів, розвитку фізичного мислення;

- навчальний комплекс має бути варіативним і забезпечувати студентам можливість вибору етапів своїх дій з урахуванням індивідуальних можливостей та об'єктивної складності завдань з фізики [3].

До навчально-методичний комплексу, окрім навчального посібника та збірника задач, входить також електронний додаток.

Комплекс може бути використаний як для організації навчання студентів заочної форми, так і для підтримки навчального процесу студентів денної форми навчання. При цьому постає важлива проблема підготовки якісних навчально-методичних матеріалів, які у ньому розміщуватимуться. Необхідно зазначити, що електронний додаток суттєво відрізняється від традиційних форм навчання.

няється від електронного варіанту друкованого посібника та електронного підручника. Якщо поняття електронного підручника широко висвітлюється у педагогічних публікаціях (наприклад, [2; 4; 6]), то поняття електронного додатку не отримало належного висвітлення. Якою має бути його структура? Як мають бути оформлені навчально-методичні матеріали? Яким вимогам вони мають задовольняти? Для відповіді на поставлені запитання необхідно розробити структуру електронного додатку, яка б відповідала кредитно-модульній системі навчання, що запроваджена у навчальному процесі вищих навчальних закладів України.

Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що:

– електронний додаток не повинен містити теоретичний матеріал, зміст якого повторює зміст навчального посібника. Робота з ним не тільки не повинна замінити читання й вивчення звичайного підручника, а навпаки, спонукати студента взятися за книгу, тому текстова складова додатку повинна бути обмежена;

– електронний додаток не повинен перетворюватися ні в текст із картинками, ні в довідник, оскільки його функція принципово інша. Такий засіб навчання повинен максимально полегшити розуміння й запам'ятовування (причому активне, а не пасивне) найбільш істотних понять, тверджень і прикладів, втягуючи в процес навчання інші, ніж підручник, можливості людського мозку, зокрема, слухову й емоційну пам'ять, а також використовуючи комп'ютерні пояснення;

– змістова частина і структура матеріалу, що викладається у навчальному посібнику та електронному додатку до нього, мають бути ідентичними.

На нашу думку, навчальний матеріал в електронному додатку доцільно подавати за допомогою наступних складових [5].

1) *Структуровані навчальні матеріали для додаткового читання*, зміст яких відображає логіку навчання за курсом. Значна частина навчальних годин при вивченні кожної дисципліни відводиться на самостійну роботу, тому у матеріалах електронного додатку необхідно розмістити теоретичний матеріал, який висвітлює питання, пов'язані з прикладним використанням фізичних явищ; особливої уваги слід приділити питанням професійної орієнтації.

Навчальний матеріал розбивається на змістовно завершені фрагменти відомостей. Кожний фрагмент містить стислий виклад навчального матеріалу з певного питання. Необхідно передбачити можливість переходу зі змісту на будь-який фрагмент навчального матеріалу та можливість повернення до змісту. Теоретичний матеріал має бути добре проілюстрованим графічними зображеннями та підкріплений навчальними відеофрагментами, які наочно подають зміст явищ, процесів, технологій

тощо.

2) «Мультимедійний помічник» для самостійної роботи (серія слайдів, можлива наявність звукового супроводу). «Мультимедійний помічник» використовується для відтворення складних математичних доведень під час пояснення фізичних явищ.

3) *Навчальне відео* (або комп'ютерні моделі) для демонстрації фізичних процесів, принципів роботи приладів та установок.

4) *Віртуальні лабораторні роботи*. Пропонується перелік лабораторних робіт, у яких формулюється мета та завдання, що забезпечують формування вмінь та навичок, необхідних для засвоєння теми; вказується послідовність виконання роботи та надаються методичні рекомендації щодо її виконання; вказуються необхідні для цього педагогічні програмні засоби; форма подання результатів виконаної роботи; критерії оцінювання кожної роботи; список індивідуальних завдань, завдань для виконання у парах та групами.

Навчальні матеріали електронного додатку мають відповідати традиційним дидактичним вимогам до електронних навчальних матеріалів [7]:

– *науковість* навчання (засвоєння навчального матеріалу засобами електронного додатку має будуватися на використанні сучасних методів наукового пізнання: експеримент, порівняння, спостереження, абстрагування, узагальнення, конкретизація, аналогія, індукція та дедукція, аналіз та синтез, моделювання, системний аналіз тощо);

– *доступність* навчання (не допускається надмірна складність та перевантаженість додатку матеріалами для опрацювання);

– *проблемність* навчання (навчальна проблемна ситуація, що потребує вирішення, зумовлює підвищення розумової активності, рівень виконуваності даної дидактичної вимоги за допомогою електронного навчального матеріалу може бути значно вищим, ніж під час застосування традиційних підручників і посібників);

– *наочність* навчання (використання мультимедіа елементів забезпечує полісенсорність навчання із залученням майже усіх каналів усвідомлення інформації людиною);

– *свідомість* навчання (самостійність й активізація діяльності засобами електронних навчальних матеріалів передбачає виконання самостійних дій студентів по виявленню навчальної інформації при чіткому розумінні кінцевих цілей та завдань навчальної діяльності. Для підвищення активності навчання електронні навчальні матеріали мають генерувати різноманітні навчальні ситуації, формулювати різноманітні питання, надавати студенту можливість вибору тієї чи іншої траєкторії навчання та керування процесом);

– *систематичність і послідовність* навчання при використанні електронного навчального матеріалу означає забезпечення послідовного засвоєння студентами відповідної системи знань у логічній послідовності.

Крім традиційних дидактичних вимог до подання навчального матеріалу в електронному додатку, необхідно виділити специфічні вимоги, які стосуються електронних засобів навчання:

– *адаптивність* (приспосованість електронному додатку до індивідуальних можливостей студента);

– *інтерактивність* (взаємодія студента з електронним додатком у режимі діалогу);

– *комп'ютерна візуалізація* навчального матеріалу;

– *розвиток інтелектуального потенціалу* студента;

– повнота і неперервність навчання.

Методичні вимоги неподільно пов'язані з дидактичними. До них відносяться, зокрема:

– надання студенту різноманітних контролюючих можливостей;

– відповідність компонентів ЕНК психологічним принципам та вимогам (вікові особливості, активізація пізнавальної діяльності).

З зазначеного вище зрозуміло, що структура електронного додатку до навчального посібника є формою реалізації його змісту та дидактичних функцій, тому варто розглянути, на якому рівні і за рахунок яких специфічних засобів вони реалізуються. Автором [1] визначено основні функції електронного додатку до навчального посібника, а саме:

1. Електронний додаток виконує організуючу функцію, оскільки він призначений для самостійної роботи студентів. Ця функція виявляється у впливі електронного додатку на організацію всього навчально-виховного процесу. Залежно від результатів самоконтролю студент приймає рішення щодо необхідності додаткового вивчення навчального матеріалу, допомоги з боку викладача. Головним фактором при цьому є активізація, оскільки використання електронного додатку спрямовує студентів на цілеспрямовану пізнавальну діяльність, підвищує інтерес до вивчення фізики, їх творчу самостійність при засвоєнні знань.

2. Електронний додаток виконує діагностичну функцію, оскільки забезпечує для студентів можливість перевірки якості засвоєння навчального матеріалу підручника або посібника та корекції одержаних результатів, а також виправлення допущених помилок та осмислення їх причин. Діагностування є дуже важливим елементом навчального процесу, оскільки безпосередньо пов'язане з самоконтролем та самооцінюванням.

3. Електронний додаток виконує навчаючу функцію, оскільки сут-

тево розширює функції контролю, який стає органічною частиною навчально-виховного процесу. Індивідуалізується темп навчання: більш здібні студенти швидше виконають завдання, інші будуть вимушені прикласти додаткових зусиль для подолання ускладнень.

4. Електронний додаток виконує виховну функцію, оскільки перевірка знань сприяє їх удосконаленню, забезпечує систематизацію, впливає на розвиток пам'яті та мислення.

До розв'язання проблеми створення електронного додатку можна залучити студентів, оскільки формування умінь і навичок найкраще відбувається у процесі створення суспільно-корисної продукції [6]. Якщо традиційно навчання відбувається шляхом засвоєння інформації, формування знань і подальшого здобуття умінь, то даний метод передбачає набуття у процесі навчання конкретних умінь, що мають суспільно-корисну вартість. Такою суспільно-корисною продукцією у нашому випадку є електронні навчальні матеріали. Студенти, співпрацюючи з викладачем, не тільки поглиблюють і конкретизують свої знання, але й набувають конкретних умінь. Важливо, що при цьому вони створюють продукцію, яка має не тільки навчальну цінність для них, але й суспільно-корисну цінність, оскільки вона використовується для навчання інших студентів.

Отже, електронний додаток до навчального посібника з фізики необхідний для самостійної роботи студентів денної і, особливо, заочної форми навчання тому, що він:

- полегшує розуміння матеріалу, що вивчається, за рахунок інших, ніж в друкованій навчальній літературі, способів подачі матеріалу: індуктивний підхід, дія на слухову і емоційну пам'ять тощо;

- допускає адаптацію відповідно до потреб студента, рівня його підготовки, інтелектуальних можливостей і амбіцій;

- звільняє від громіздких обчислень і перетворень, дозволяючи зосередитися на суті предмету, розглянути більшу кількість прикладів і вирішити більше завдань;

- надає можливості для самоперевірки;

- дає можливість красиво і акуратно оформити роботу і здати її викладачеві у вигляді файлу або роздруківки.

Електронний додаток корисний на практичних заняттях у спеціалізованих аудиторіях тому, що він дозволяє викладачеві проводити заняття у формі самостійної роботи за комп'ютерами, залишаючи за собою роль керівника і консультанта.

Електронний додаток до навчального посібника необхідний для викладача, оскільки з ним він може надати знання і уміння по своєму предмету, при цьому витратити на це менше часу.

Література

1. Благодаренко Л. Ю. Методичні основи створення електронного додатку до підручника «Фізика 9» / Благодаренко Л. Ю. // Інформаційні технології в освіті. – 2010. – № 8. – С. 98-102.
2. Богданова Н. Г. Електронний підручник як засіб навчання / Н. Богданова // Гуманізація навчально-виховного процесу : збірник наукових праць / [За заг. ред. проф. В. І. Сипченка]. – Слов'янськ : СДПУ, 2011. – Вип. LV. – Ч. II. – С. 78-88.
3. Бурдейна Н. Б. Методичні основи створення та використання навчального комплексу з фізики для студентів вищих будівельних навчальних закладів : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук : 13.00.02 – теорія і методика навчання фізики / Бурдейна Н. Б. ; Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова. – К., 2009. – 24 с.
4. Гордиенко Т. П. Анализ информационных технологий обучения в высшей школе / Т. П. Гордиенко, О. Ю. Смирнова // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – Вип. 17 : Інноваційні технології управління компетентісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 201-203.
5. Єчкало Ю. В. Основні вимоги до навчального комплексу з фізики для студентів та викладачів / Ю. В. Єчкало // VI Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании», 3-10 июня 2011 г., Варна, Болгария : материалы / М-во пром. политики Украины, Госпотребстандарт Украины, Нац. агентство аккредитации Украины, Нац. металлург. акад. Украины [НМетАУ] [и др.] : в 3-х т. – Т. 3. – Днепропетровск : Варна, 2011. – С. 411-413.
6. Мисліцька Н. А. Формування професійних умінь і навичок студентів на основі діяльнісного підходу / Н. А. Мисліцька, А. І. Міночкін, Б. А. Сусь // Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету (Педагогічні науки). – № 3. – Бердянськ: БДПУ, 2009. – С. 116-120.
7. Морзе Н. В. Критерії якості електронних навчальних курсів, розроблені на базі платформ дистанційного навчання / Морзе Н. В., Глазунова О. Г. // Інформаційні технології в освіті. – 2010. – № 7. – С. 63-75.

ЕЛЕКТРОННИЙ ЗОШИТ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ

В. М. Задорожній, А. Ю. Прімас

Україна, м. Кривий Ріг, Криворізький природничо-науковий ліцей

Фізика займає одне з важливих місць серед навчальних дисциплін у школі. Як навчальний предмет вона створює в учнів уявлення про наукову картину світу. Важливе місце у формуванні практичних умінь і навичок в учнів на уроках фізики відводиться демонстраційному експерименту і фронтальній лабораторній роботі. Експеримент на уроках фізики поглиблює теоретичні відомості про фізичні явища і процеси, поповнює і розширює світогляд учнів. Фізичний експеримент в школі можна поділити на два типи – це демонстрація, що проводиться під час уроку, та експеримент, який ставиться під час виконання практичної або лабораторної роботи.

У ході експерименту, проведеного учнями самостійно під час лабораторних робіт, вони пізнають закономірності фізичних явищ, знайомляться з методами дослідження явищ, вчаться працювати з фізичними приладами й установками, тобто вчаться самостійно здобувати знання на практиці. Тому актуальною проблемою на сьогодні є підвищення ефективності проведення лабораторної роботи, а саме, покращення якості проведення експерименту.

Лабораторна робота це важливий елемент навчального процесу. Саме під час лабораторних робіт учні отримують практичні вміння і навички роботи з приладами, вчаться самостійно проводити досліди і робити відповідні висновки за їх результатами, що, безсумнівно, сприятиме кращому засвоєнню і закріпленню пройденого теоретичного матеріалу.

Удосконалення шкільного фізичного експерименту – предмет творчості широкого кола вчителів фізики. Багато приладів, що випускаються для шкіл промисловістю, були запропоновані вчителями-практиками. Однак основним, способом впровадження в шкільну практику запропонованих вчителями конструкцій є їх виготовлення в умовах школи.

У багатьох випадках вчителі – винахідники і раціоналізатори – пропонують нові досліди з уже відомими приладами або додаткові пристрої до існуючого обладнання, які розширюють можливості шкільного фізичного експерименту, роблять його більш виразним, підвищують його навчальний ефект.

В нашій статті ми розглядаємо фізичний експеримент, який проводиться під час виконання лабораторних робіт з фізики. Лабораторні ро-

боти завжди виконуються в три основних етапи:

- підготовка до роботи, потребує уважного вивчення необхідної літератури, в зошит для лабораторних робіт заносяться відповідні записи з теорії – короткі теоретичні відомості;
- маючи певні теоретичні знання учень може приступати до проведення експерименту, результати якого потрібно занести до зашита;
- на третьому етапі ведеться обробка результатів експерименту та робляться висновки.

Дуже часто проведення лабораторної роботи не дає максимального навчального ефекту в зв'язку з браком часу, що відводиться для роботи, тому в нас виникла ідея використання комп'ютера для підготовки до фізичного експерименту та самої лабораторної роботи. Ми пропонуємо винести етап підготовки до лабораторної роботи на самостійне опрацювання, а розроблений нами електронний зошит допоможе якісно підготуватися до експерименту, який буде проводитися на уроці.

Основною метою створення нашого електронного зошита є доповнення до вже існуючих експериментів, а не їх заміна. Даний зошит повинен використовуватися під час підготовки до лабораторних робіт та частково може використовуватися під час проведення. Наш електронний посібник розрахований для комп'ютерної підтримки курсу фізики за 9 клас, а саме при самопідготовці до лабораторних робіт з теми «Закони постійного струму».

Перш за все, матеріали цього зошита можна роздрукувати на папері у вигляді інструкції до робіт і використовувати під час проведення лабораторних робіт з фізики, при цьому результати дослідів заносяться в окремий зошит, а обчислення виконуються на звичайному калькуляторі. Використання електронного зошита дає можливість ознайомитися з ходом лабораторної роботи, переглянути виконання роботи, розглянути електричні кола, які потрібно скласти під час роботи та схеми цих кіл. Також можна ознайомитися з тим явищем, що вивчається в роботі. Використання електронних таблиць у роботі дозволяє максимально зменшити час на обчислення результатів та дає змогу учневі ознайомитися із загальним результатом вимірювань, що виконувалися, в відеоінструкціях.

Початок програми починається зі сторінки, на якій вказується назва програми (рис. 1), та пропонується переглянути системні вимоги, інформацію про програму або продовжити роботу з зошитом.

Після того, як натиснути на кнопку «Продовжити» відкривається сторінка, яка містить список лабораторних робіт, також на цій сторінці міститься кнопка яка відкриває сторінку, що дозволяє ознайомитися з відомостями про автора програми (рис. 2).

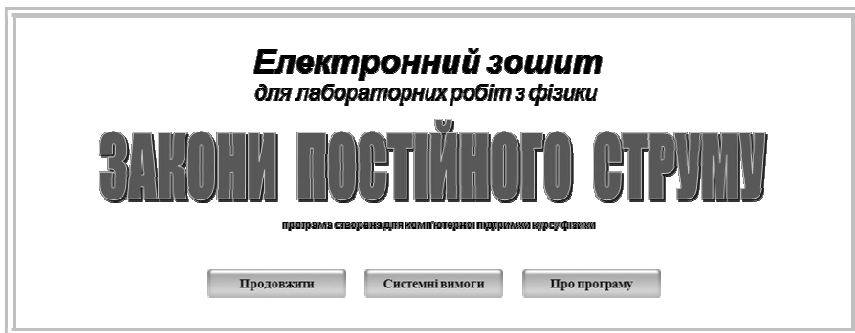


Рис. 1

Окрема кнопка «Друкувати роботи» дозволяє перейти до роботи з текстовим редактором Microsoft Office Word та роздрукувати інструкції до лабораторних робіт. В даному файлі містяться всі інструкції, тому користувач може роздрукувати одразу всі або вибрати потрібну та роздрукувати одну інструкцію.




Рис. 2

Коли користувач (учень або вчитель) вибирає роботу зі списку, перед ним відкривається сторінка з інструкцією до роботи (рис. 3).

Зліва міститься меню, за допомогою якого можна вибрати іншу роботу або повернутися до головної сторінки. У правій колонці міститься меню, яке дозволяє більш детально ознайомитися з роботою, до якої готується учень.

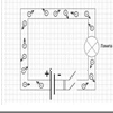
Перша кнопка – «Друк інструкцій» – дозволяє роздрукувати інструкцію до роботи, якій присвячена сторінка. Друга кнопка – «Схема» – дає

можливість переглянути схему, яку треба використати для складання електричного кола.



Закони постійного струму.

Лабораторна робота №1



автор: Прімак Антон, учень 10-Б класу Бурштинського природничо-наукового ліцею

На головну

Лабораторна робота №2

Лабораторна робота №3

Лабораторна робота №4

Лабораторна робота №5

Лабораторна робота №6

Лабораторна робота №7

Лабораторна робота №8

Лабораторна робота №9

Тема: Вимірювання сили струму за допомогою амперметра.

Мета: Навчитися складати найпростіше електричне коло з послідовно з'єднаними елементами й вимірювати силу струму за допомогою амперметра.

Обладнання: Динамічний струмоду (електричний джерело), амперметр постійного струму, резистор, вимірювальна таблиця, лампа напругою 2,5В.

Короткі теоретичні відомості.

Електричний струм викликає електричний рух заряджених частинок. Міцність міру електричного струму називають силою струму.

Сила струму – це відношення заряду, що протікає через поперечний переріз провідника, до часу, за який протікає цей заряд.

$$I = \frac{q}{t}$$

Сила струму вимірюється за допомогою спеціальних пристроїв, які називають Амперметрами. Амперметр вмикається в коло послідовно.

Завдання.

- Намалювати схему електричного кола з послідовним з'єднанням динамічного струмоду, вимірювальним резистором, амперметром, електричною лампою й з'єднувальними провідниками.
- Скласти електричне коло.
- Амперметр послідовно підключити до різних ділянок кола та вимірявати покази амперметра.
- Порівняти покази амперметра для різних ділянок кола й зробити висновки. Зробити висновки.

Контрольні запитання:

- Яка ціна поділки амперметра?
- Як визначити напрям електричного струму в колі?
- Як виміряти силу в колі амперметра?

Друк інструкції

Схема

Фото

Відео

Таблиця

Таблиця

Рис. 3

Кнопка «Фото» також дозволяє переглянути схему досліду, але це вже монтажна схема у вигляді фотографії зібраного електричного кола (рис. 4).

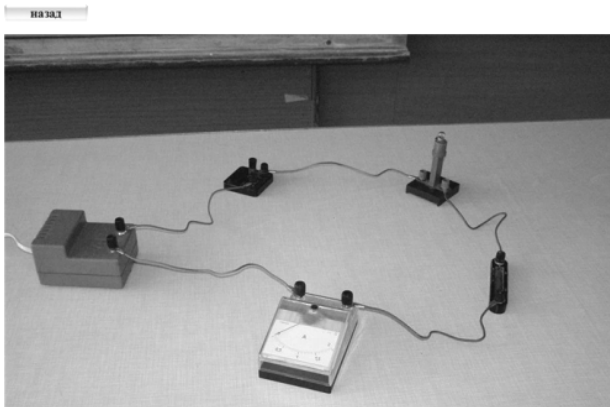


Рис. 4

Наступна кнопка – «Відео» – дозволяє переглянути відео інструкцію по виконанню роботи. В даному матеріалі експериментальна частина роботи виконується повністю. Учень не тільки може спостерігати за виконанням роботи, а також взяти отриманні результати та виконати необхідний аналіз роботи. Таким чином, заочно виконати роботу та потренуватися в третій частині виконання роботи – обробка результатів дослідження.

Остання кнопка – «Таблиця» – дає можливість перейти до програми Microsoft Office Excel та попрацювати з електронної таблицею, в яку можна занести результати вимірювань і вона автоматично обчислить результат та побудує графік (рис. 5).

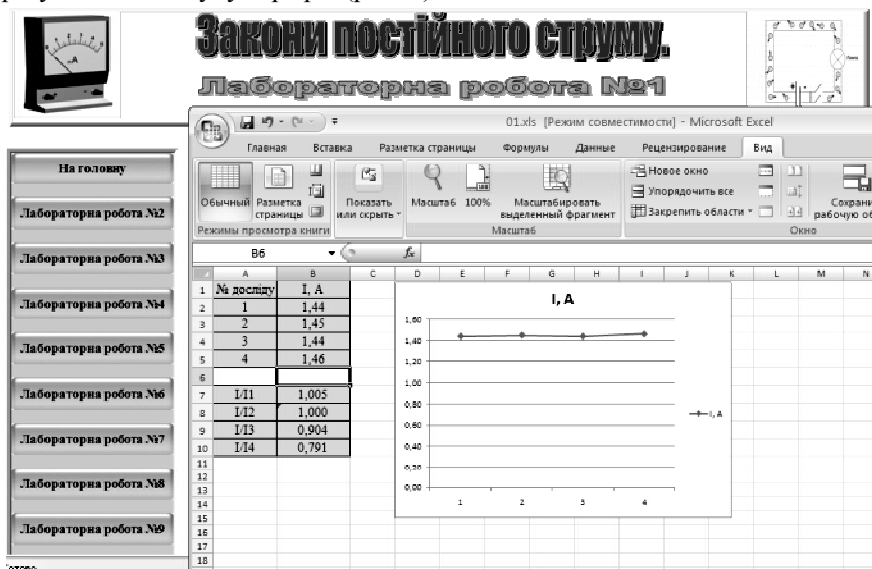


Рис. 5

Основною метою лабораторної роти є експериментальне підтвердження або перевірка закону чи явища. Багато електронних посібників пропонують замінити реальний експеримент віртуальним, що понижує ефективність пізнання та розуміння учнями тих явищ що вивчаються в роботі. Ми не виключаємо, що мій зошит можна використовувати і під час уроку, якщо це необхідно. Але в основному ми рекомендуємо використовувати його під час підготовки до роботи. Працюючи з нашим електронним зошитом учень не може безпосередньо приймати участь в експерименті, але може отримати достатню теоретичну підготовку до експерименту, таким чином не витратити час на теоретичне опрацювання матеріалу під час самої роботи, а безпосередньо займатися проведенням

експерименту.

Якість виконання лабораторної роботи у великій мірі залежить від теоретичної підготовки учнів. Створений нами зошит дає змогу учням покращити наступні навички:

- добре вивчити теоретичний матеріал; оволодіти методикою застосування знань на практиці;
- вміти користуватися необхідним обладнанням, устаткуванням, матеріалами, реактивами, технікою для проведення вимірів та обчислень;
- вивчити рекомендації до проведення конкретної лабораторної чи практичної роботи, які викладено в інструкції до роботи;
- скласти план проведення лабораторної чи практичної роботи.

Досвід роботи з даним електронним посібником показує, що учні не тільки значно підвищують рівень теоретичної підготовки до лабораторної роботи, а ще й покращують якість проведення самого експерименту та на більш високому рівні формують уявлення про фізичні явища та процеси, що й ставиться за мету при проведенні лабораторної роботи.

Надалі, ми плануємо додати до цього зошита ще теоретичні відомості про явище, що вивчається в роботі, у вигляді анімації. Також плануємо створити аналогічні електронні посібники для інших тем шкільного курсу фізики.

Література

1. Анциферов Л. І. Практикум з фізики в середній школі: Дидакт. матеріал : посібник для вчителя / Л. І. Анциферов, В. О. Буров, Ю. І. Дік. – К. : Рад. шк., 1990. – 176 с.
2. Гончаренко С. У. Фізика : пробн. навчальний посібник для ліцеїстів природничо-наукового профілю. 10 клас / С. У. Гончаренко. – К. : Освіта, 1995. – 430 с.
3. Шут М. І. Фізика. 9 клас : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / М. І. Шут, М. Т. Мартинюк, Л. Ю. Благодаренко. – К. ; Ірпінь : Перун, 2009. – 223 с.

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ПОЗАУРОЧНІЙ РОБОТІ З ФІЗИКИ

О. В. Заяць^{1,2}, А. Г. Григорович^{1,2}, Р. М. Хлопик²

¹ Україна, м. Дрогобич, Дрогобицький державний педагогічний
університет імені Івана Франка

² Україна, м. Дрогобич, Дрогобицький педагогічний ліцей
a_grygorovych@mail.ru

Невід'ємною частиною сучасної методики навчання фізики стали інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ). Якість сучасного навчального процесу безпосередньо пов'язана з поліпшенням технологій і методів навчання, що в свою чергу залежить від застосування вчителем комплексу засобів ІКТ. Це одна з закономірностей, що характеризують сучасний навчально-виховний процес в епоху загальної інформатизації суспільства, яка ставить нові проблеми перед системою освіти і виховання підростаючого покоління.

Однак зміна структури навчання школярів у зв'язку з апробацією і поступовим впровадженням в існуючу систему навчання нових ІКТ, зажадало перегляду багатьох усталених класичних методичних, дидактичних, педагогічних і методологічних уявлень про систему вивчення природничих наук у загальноосвітній школі.

Ефективність застосування ІКТ в навчанні багато в чому залежить від того, наскільки методично грамотно і педагогічно виправдано їх включення в структуру навчального процесу. У кожному конкретному випадку вчителю природничої дисципліни, наприклад, фізики, доводиться самостійно формулювати мету застосування засобів ІКТ, відповідно до теми заняття, обумовлену об'єктивною необхідністю застосування відповідної методики, складністю матеріалу, який вивчається. Педагогу доводиться визначати, для вирішення яких освітніх, методологічних, виховних завдань він звертається до того чи іншого виду ресурсу, засобу, методу, який педагогічний і психологічний результат він при цьому сподівається отримати. Все це вимагає досвіду роботи, спеціальних знань і умінь з методичного застосування інформаційних технологій.

Для вчителів з великим стажем роботи, з великими педагогічними заслугами та вищими категоріями це питання також стоїть не менш актуально, а часом і гостріше.

Аналізуючи вже накопичений досвід роботи вчителів фізики в умовах інформатизації середньої школи, узагальнюючи результати методологічних, педагогічних та методичних досліджень з проблеми підготов-

ки вчителів до використання комп'ютерних технологій у викладанні, можна вже зараз виявити такі суперечності в теорії і практиці навчання, які виникають між досить розвиненим потенціалом ІКТ, інфраструктури шкільної навчальної бази, високим рівнем готовності учнів середньої школи до використання нових інформаційних технологій у навчальному процесі та недостатнім рівнем готовності вчителів фізики до організації навчання з використанням засобів ІКТ; між необхідністю систематичного і комплексного використання в навчанні фізики елементів інфраструктури навчального середовища і епізодичним застосуванням ІКТ в масовій практиці лише її окремих складових; між потребою в диференціації та змістовному поглибленні тематичних ліній підготовки вчителів фізики до застосування засобів ІКТ в навчанні і сформованої в педагогічних вузах практикою вивчення переважно загальних підходів до інформатизації навчального процесу з предмета; між високим рівнем спрацьованості різних аспектів інформатизації навчання фізики в середній загальноосвітній школі та недостатнім дослідженням питань підготовки вчителя фізики до ефективного використання засобів ІКТ у навчанні, зокрема, в організації лабораторних занять з предмету; між високим освітнім потенціалом учительського корпусу і відсутністю науково-методичного забезпечення їх реалізації у вищій педагогічній школі.

Використання комп'ютера в школі можливе на різних етапах: при підготовці до уроку; під час проведення уроку; в позаурочній роботі.

Як показує аналіз методичної літератури, значно краще розроблені та частіше використовуються перші два етапи. Саме тому темою дослідження обрано методику використання ІКТ в позаурочній роботі з фізики. У даному випадку вчитель виступає організатором творчої, пошукової та дослідницької діяльності учнів.

В Дрогобицькому педагогічному ліцеї сформована методика використання ІКТ в таких видах позанавчальної роботи з фізики:

1. Використання ІКТ під час написання та презентації ліцеїстами своїх робіт з фізики та астрономії на конкурсах-захистах науково-дослідницьких робіт МАН;
2. Використання ІКТ під час розв'язування завдань та участі команди фізиків ліцею в обласних турнірах юних фізиків;
3. Використання ІКТ під час проведення очно-заочних олімпіад з фізики;
4. Використання ІКТ під час проведення міських, районних та обласних брейн-рингів.

Детальніше проаналізуємо названі напрямки використання ІКТ.

1. Використання ІКТ під час написання та презентації ліцеїстами своїх робіт з фізики та астрономії

Використання ліцеїстами комп'ютерних презентацій під час представлення до захисту своїх науково-дослідницьких робіт уже стало справою звичною і традиційною, особливо якщо врахувати, що переважна кількість ліцеїстів-учасників конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт МАН є учнями класів інформаційних технологій. Це дозволяє не використовувати стендів, плакатів, плівок та громіздкої проекційної техніки. При цьому до презентацій, які супроводжують доповідь, висовуються стандартні вимоги: дотримання логічності при побудові виступу, простоти, доцільності, уникнення недоречних «спецефектів», кількісне обмеження та нумерація. На рис. 1 показано фрагмент презентації роботи у вигляді слайдів.

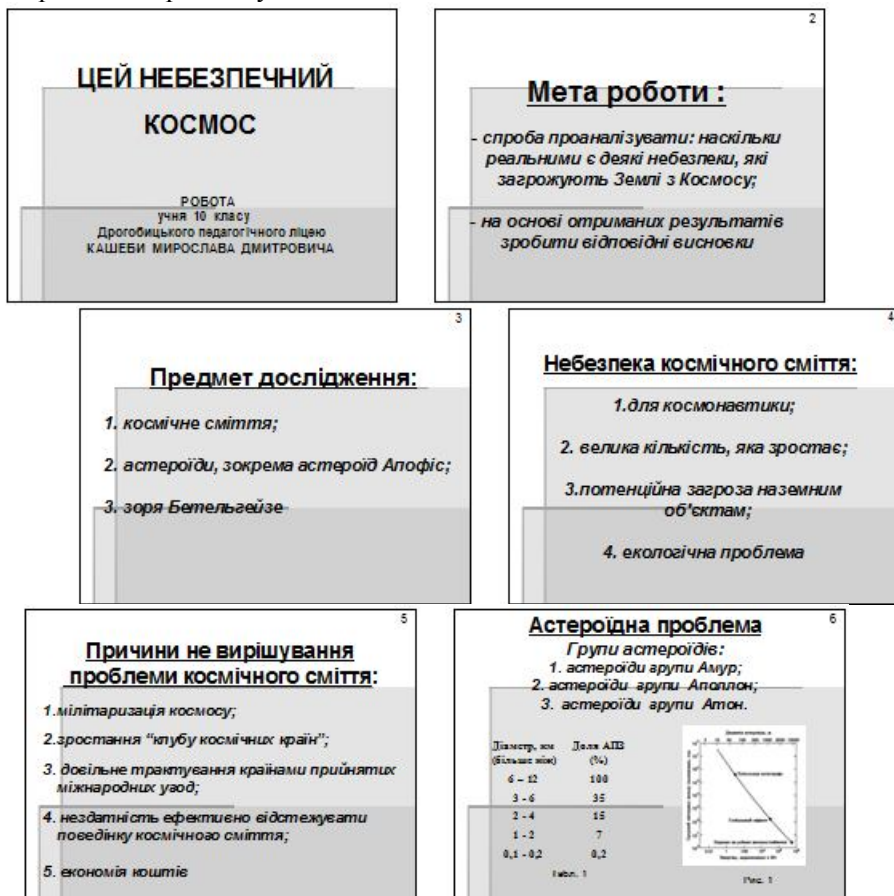


Рис. 1. Фрагмент презентації науково-дослідницької роботи МАН

2. Використання ІКТ під час розв'язування завдань та участі команди фізиків ліцею в обласних турнірах юних фізиків

Іншою, порівняно новою, формою роботи з обдарованими дітьми є турніри юних фізиків (ТЮФ). В методичному та організаційному планах ТЮФ акумулює всі головні ідеї та форми роботи з талановитими дітьми: він має очний та заочний тури, елементи змагальності (як і олімпіада), інформаційний аспект (як конференція). Крім цього турнір – захід довготривалий (декілька тижнів). Другий етап турніру – очний, коли команди в безпосередніх зустрічах відстоюють свій варіант розв'язку. Дуже велике значення для успішного виступу має вдале представлення доповіді із розв'язком запропонованої суперниками задачі. Важливим елементом наших успішних виступів є комп'ютерне представлення доповідей.

Використання ІКТ під час участі команди ліцеїстів у обласних турнірах юних фізиків практикується нами уже 5 років. Використання ІКТ дає можливість відмовитися від оформлення розв'язків задач на дошці, що забирає багато часу із відведених на доповідь 7 хвилин.

Як приклад, розглянемо задачу «ДОЛЬМЕНИ» з ТЮФ 2010-2011 навчального року.

«Кам'яні оракули»

Дослідники дольменів висловили гіпотезу, що дольмени попереджали про наближення землетрусів. Проаналізуйте цю гіпотезу

Довідка. Дольмени (від древнє бретонського *tol* – стіл, *men* – камінь) – старовинні мегалітичні (тобто складені з великих каменів або кам'яних плит) споруди певної форми (рис. 2). Сьогодні відомо, що ці споруди генерують ультразвук, спричинений коливаннями плит, а також низькочастотні механічні коливання, що пов'язані з коливанням газового середовища всередині них.



Рис. 2. Фотографії дольменів

На рис. 3 показано модель дольменів. За своєю формою дольмени

нагадують резонатор Гельмгольца, і тому доцільно використати його в якості фізичної моделі для опису коливальних процесів у дольменах.

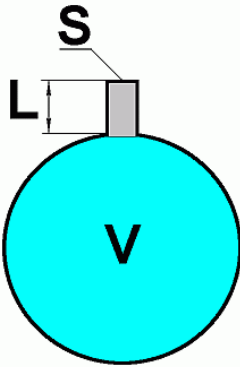


Рис. 3

Оцінимо власну частоту коливань такої системи [3]. В умовах рівноваги, тиск повітря в такій системі дорівнює зовнішньому атмосферному тиску p_0 . Повітря в горловині є коливальною масою, а об'єм повітря в посудині відіграє роль пружного елемента.

При виведенні такої системи з положення рівноваги (наприклад, при нагріванні повітря всередині посудини) повітряна маса в горловині зміститься на величину x . Тоді об'єм повітря можна визначити таким чином:

$$V = V_0 + Sx \quad (1)$$

Тиск всередині системи, згідно з рівнянням Менделєєва-Клапейрона, буде дорівнювати:

$$p = \frac{m}{M} RT \frac{1}{V_0 + Sx} = \frac{1}{V_0} \frac{m}{M} RT \frac{1}{1 + \frac{Sx}{V_0}} \approx \frac{1}{V_0} \frac{m}{M} RT \left(1 - \frac{Sx}{V_0} \right) = p_0 - \frac{1}{V_0^2} \frac{m}{M} RTSx, \quad (2)$$

де m – маса повітря в системі.

Внаслідок цього на коливну масу повітря в горловині буде діяти сила:

$$F = (p - p_0)S = -\frac{1}{V_0^2} \frac{m}{M} RTS^2 x \quad (3)$$

Як відомо, одним з доказів гармонічності коливань є те, що повертаюча сила пропорційна до зміщення x тіла від положення рівноваги:

$$F_{\text{поверт.}} = -kx. \quad (4)$$

Зіставивши рівняння (3) та (4), отримуємо коефіцієнт «квазіжорсткості» системи

$$k = -\frac{1}{V_0^2} \frac{m}{M} RTS^2. \quad (5)$$

Тут $m = \rho V_0$ – маса повітря в дольмені.

Власна частота коливань системи

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_1}}, \quad (6)$$

де $m_1 = \rho S l$ – маса повітря в горловині.

Підставивши (5) у (6), остаточно отримаємо власну частоту коливань для дольменів:

$$v_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{RT}{M} \frac{S}{V_0 l}} \quad (7)$$

Звичайно, бажано було б врахувати ще наявність тертя в такій системі – в'язкості повітря, що приведе до виникнення затухаючих коливань, однак на власну частоту коливань цей фактор суттєво не вплине.

Оцінимо значення v_0 при наступних параметрах:

$$T = 300 \text{ К}, M = 0,029 \text{ кг/моль}, S = 0,1 \text{ м}^2, l = 0,25 \text{ м}, V_0 = 10 \text{ м}^3.$$

Отримаємо, що $v \approx 9 \text{ Гц}$.

Дію землетрусу можна розглядати як зовнішню вимушуючу силу $F = F_0 \cos \omega t$. Відомо, що частоти коливань при землетрусах знаходяться в діапазоні від 0,1 до 60 Гц, що збігається з власними частотами дольменів. Тому, очевидно, буде спостерігатися явище резонансу і амплітуда коливань різко зростатиме. Навіть, якщо ці коливання лежатимуть в інфразвуковому діапазоні, організм людини здатний їх відчувати. Так що, як бачимо, дана гіпотеза не є безпідставною і дольмени цілком могли використовуватися в якості «датчиків» попередження землетрусів.

3. Використання ІКТ під час проведення очно-заочних олімпіад з фізики

З метою залучення до навчання в ліцеї якомога більшої кількості талановитих дітей, які проявляють інтерес до вивчення фізики, для учнів 9-их класів шкіл регіону та області проводяться очно-заочні олімпіади. Переможці користуються пільгами при вступі до ліцею. Основним завданням таких олімпіад є пошук і виявлення талановитої молоді, яка глибоко цікавиться фізико-математичними знаннями і бажає надалі вдосконалювати їх у різних формах діяльності (подаліше навчання, участь у гуртках, школах, турнірах та олімпіадах).

Олімпіади проводяться у два етапи. Перший – заочний (лютий–березень). Другий – очний, у якому приймають участь лише переможці першого етапу. Він проходить у Дрогобицькому педагогічному ліцеї в кінці квітня.

Програма кожної олімпіади включає по п'ять завдань на кожному етапі. Учасниками змагань можуть бути учні 9 класів загальноосвітніх навчальних закладів. Вони можуть приймати участь тільки в одній олімпіаді або в обох одночасно. Розпочинається він із публікації завдань заочного туру. Раніше завдання заочного туру публікувалися в пресі, що було не досить ефективним, оскільки інформація про проведення олімпіади або взагалі не потрапляла до потенційних учасників, або ж доходила із запізненням. Тому було вирішено заочний тур проводити ще й у формі дистанційного навчання, а саме – публікації завдань. Завдання публікуються й на сайті ліцею. Завдання виконуються учасниками інди-

відуально, а розв'язки відправляються електронною поштою на електронну адресу Дрогобицького ліцею з поміткою «Очно-заочна олімпіада» або в письмовій формі.


Разом із розв'язками учасники надсилають анкету, в якій указують прізвище, ім'я, по батькові, рік народження, домашню адресу, назву школи, клас, адресу школи, прізвище, ім'я, по батькові вчителя фізики або математики.

1

Задача «Кам'яні оракули»:


Дослідники дольменів висловили гіпотезу, що дольмени попереджали про наближення землетрусів. Проаналізуйте цю гіпотезу.

Дольмени



3

Резонатор Гельмгольца



Повітря в горловині є коливальною масою, а об'єм повітря в посудині відіграє роль пружного елемента.

$\rho_0, V_0, S, x.$

4

$V = V_0 + Sx$ (1)

$p = \frac{m}{M} RT \frac{1}{V_0 + Sx} = \frac{1}{V_0} \frac{m}{M} RT \frac{1}{1 + \frac{Sx}{V_0}} \approx$

$\frac{1}{V_0} \frac{m}{M} RT \left(1 - \frac{Sx}{V_0}\right) = p_0 - \frac{1}{V_0} \frac{m}{M} RTSx$ (2)

5

$F = (p - p_0)S = -\frac{1}{V_0} \frac{m}{M} RTS^2 x$ (3)

$F_{\text{поверт.}} = -kx$ (4)

$k = -\frac{1}{V_0} \frac{m}{M} RTS^2$ (5)

$m = \rho V_0$

6

$v_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ (6)

$m_1 = \rho S l$

$v_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{RTS}{M V_0 l}}$ (7)

7

**T=300 К, M=0,029 кг/моль,
S=0,1 м², l=0,25 м, V₀=10 м³**

$v_0 = 9 \Gamma \zeta$

$F = F_0 \cos \omega t$

8

ВИСНОВКИ:

«Кам'яні оракули».

Змодельовано про цес: розглян. то дольмен в якості резонатора Гельмгольца. На основі одержаних результатів, отримано підтвердження ре. алістичності гіпотези, висунутої в умові задачі.

Рис. 4. Презентація задачі «Дольмени»

4. Використання ІКТ під час проведення міських, районних та обласних брейн-рингів

Ще однією формою позашкільної роботи з талановитими учнями є проведення брейн-рингів. На відміну від очно-заочних олімпіад де кожен учасник виступає в індивідуальному заліку, брейн-ринг – змагання командні. Крім цього він вимагає не лише наявності знань з конкретних предметів, але й уміння мислити швидко, зіставляти та аналізувати; розвиває командний дух та здатність до колективної діяльності, швидку реакцію.

В листопаді 2004 р. в м. Дрогобичі пройшов I Український фізико-математичний фестиваль. Одним з різновидів змагань на ньому був фізичний брейн-ринг. Оскільки фестиваль передбачалося проводити систематично, в тому числі з виїздами, було вирішено створити принципово нову електронну систему гри, яка була б надійною, компактною, безпечною та мобільною. Така система була створена на основі ІКТ і складається з клавіатури, проектора, ноутбука та двох кнопок на столах команд. Свою доцільність вона демонструє уже протягом восьми років, і не лише на УФМФ: починаючи з 2011-2012 н. р., Дрогобицьким педліцеєм почали проводитися виїзні турніри з брейн-рингу в різних містах та районах Львівщини. Саме під час таких виїздів електронна система продемонструвала свої переваги.

На порядку денному – I обласний брейн-ринг Львівщини серед учнів.

Висновки. Проаналізовано галузі застосування інформаційно-комунікаційних технологій під час вивчення фізики та суперечності, які при цьому виникають. Висвітлено приклади застосування інформаційно-комунікаційних технологій, наведено конкретні приклади використання ІКТ в позаурочній роботі з фізики. Описана методика використання інформаційно-комунікаційних технологій в позаурочній роботі з фізики у Дрогобицькому педагогічному ліцеї дозволяє значно підвищити інтерес учнів до вивчення фізики та ефективність і результативність такої роботи.

Література

1. XIX Всеукраїнський турнір юних фізиків [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kharkivosvita.net.ua/document/1650>
2. Правила та завдання Всеукраїнського турніру юних фізиків [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://edu-post-diploma.kharkov.ua/index.php?option=com_remository&Itemid=26&func=fileinfo&id=1255
3. Савельев И. В. Курс общей физики. Т. 1. – М. : Наука, 1970. – 517 с.

МІНІАТЮРНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ФРОНТАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ З ФІЗИКИ «ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗАРЯДКИ І РОЗРЯДКИ КОНДЕНСАТОРА»

В. М. Здешиц, В. П. Ржепецький

Україна, м. Кривий Ріг, Криворізький національний університет
didanaz@i.ua

В даній статті описана лабораторна установка та методика проведення фронтальної лабораторної роботи з фізики «Вивчення процесів зарядки і розрядки конденсатора». Створення робіт такого типу проводиться в рамках держбюджетної теми № 0111U000263 «Розробка методології проведення фронтальних лабораторних робіт з фізики в умовах кредитно-модульної системи навчання» на базі волоконно-оптичної лабораторії кафедри фізики та методики її навчання Криворізького педагогічного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет».

Концепція проведення фронтальних лабораторних робіт з фізики розглянута в роботі [1]. Суть концепції полягає в наданні кожному студентові можливості виконання лабораторної роботи з теми, яка вивчається на даний час за робочою програмою. Основою нового підходу є мініатюризація лабораторних установок до розмірів, що дозволяють розмістити їх у потрібній кількості в жорсткому чемоданчику – кейсі; кожний кейс повинен містити 15–16 лабораторних (дослідницьких) робіт на одну тему. Кількість кейсів повинна відповідати кількості тем, передбачених навчальним процесом, або хоча б темам з найбільш важливих розділів фізики. При наявності в експериментальних установках автономних джерел живлення виключається необхідність утримування і обслуговування лабораторних аудиторій, що, відповідно, здешевлює навчання і дозволяє проводити заняття в аудиторіях довільного типу. Мобільність лабораторних установок дозволить проводити навчання студентів як в аудиторіях кафедри фізики, так і у філіях навчальних закладів, на підготовчих курсах, курсах підвищення кваліфікації, а також дистанційно.

Мета наших досліджень – теоретичне обґрунтування, вдосконалення, розробка і впровадження у вищих педагогічних навчальних закладах в умовах кредитно-модульного навчання та у середніх загальноосвітніх навчальних закладах недорогих комплектів лабораторних установок, що забезпечують проведення лабораторних робіт із заданої теми фронтально.

Приклад наших розробок наведено в [2; 3]. В даній статті розгляда-

ється конструкція розробленої мініатюрної установки та методика проведення лабораторної роботи: «Вивчення процесів зарядки і розрядки конденсатора».

Мета роботи: Експериментально перевірити закон зарядки і розрядки конденсатора через опір. Навчитись визначати сталу часу кола (час релаксації) та значення ємності конденсатора чи опору резистора.

Прилади і матеріали: Батарея з двох гальванічних елементів чи акумуляторів типорозміру АА, мультиметр типу DT830В, установка для вивчення процесів зарядки і розрядки конденсатора, секундомір.

Розглянемо коло, що складається з джерела струму з електрорушійною силою \mathcal{E} і внутрішнім опором r , конденсатора, ємність якого C , опору R та перемикача SA (рис. 1).

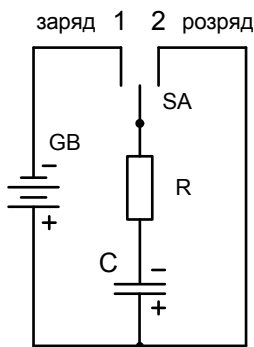


Рис. 1

Якщо перемикач SA поставити в положення 1, то конденсатор почне заряджатися від джерела через опір $(R+r)$. Якщо перевести перемикач в положення 2, то конденсатор почне розряджатися через опір R . Оскільки внутрішній опір джерела $r \ll R$, то будемо вважати, що в обох випадках опір кола дорівнює R .

Розглянемо спочатку процес зарядки конденсатора (SA в положенні 1). Застосуємо до цього контуру друге правило Кірхгофа:

$$i \cdot R + u = \mathcal{E}, \quad (1)$$

де i – миттєве значення сили струму, u – миттєве значення напруги на конденсаторі. Врахову-

ючи, що $i = \frac{dq}{dt}$, де $q = Cu -$ заряд конденсатора, одержимо:

$$\frac{du}{dt} RC + u = \mathcal{E}. \quad (2)$$

Вираз (2) – це диференціальне рівняння першого порядку зі сталими коефіцієнтами. Перепишемо його наступним чином:

$$\frac{du}{dt} = \frac{\mathcal{E} - u}{RC}. \quad (3)$$

Введемо нову змінну $u' = \mathcal{E} - u$ (при цьому $du' = -du$):

$$-\frac{du'}{dt} = \frac{1}{RC} u'. \quad (4)$$

Розділимо змінні і проінтегруємо:

$$\ln u' = -\frac{t}{RC} + A, \quad (5)$$

де A – стала інтегрування, яку знайдемо з початкових умов: при $t = 0$ $u = 0$, а $u' = \mathcal{E}$. Отже, $A = \ln \mathcal{E}$.

Після потенціювання виразу (5) матимемо:

$$u' = \mathcal{E} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (6)$$

Повертаючись до змінної u , остаточно одержимо:

$$u = \mathcal{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (7)$$

Напруга на конденсаторі з часом зростає за експоненціальним законом, асимптотично наближаючись до значення електрорушійної сили джерела. Такий процес зміни фізичної величини називають **апериодичним**.

Залежність зарядного струму від часу знайдемо з (1) і (7):

$$i = \frac{\mathcal{E} - u}{R} = \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (8)$$

Сила струму також змінюється за експоненціальним законом, вона має найбільше значення в початковий момент часу і асимптотично прямує до нуля в процесі зарядки.

Тепер розглянемо процес розрядки конденсатора (SA в положенні 2). За правилом Кірхгофа:

$$iR + u = 0, \text{ де } i = \frac{dq}{dt}, q = Cu.$$

Одержуємо рівняння:

$$\frac{du}{dt} + \frac{u}{RC} = 0. \quad (9)$$

Розділимо змінні і проінтегруємо:

$$\ln u = -\frac{t}{RC} + B. \quad (10)$$

Сталу інтегрування B знайдемо з початкових умов: при $t = 0$ $u = U_0$. Отже, $B = \ln U_0$. Після потенціювання матимемо:

$$u = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (11)$$

Якщо в процесі зарядки напруга на конденсаторі досягла максимального значення, рівного е.р.с. джерела, то $U_0 = \mathcal{E}$:

$$u = \mathcal{E} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (12)$$

Струм розрядки:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (13)$$

Під час розрядки напруга і сила струму змінюються за експоненціальним законом, мають максимальні значення в початковий момент часу і асимптотично прямують до нуля.

Звернемо увагу на тотожність виразів для зарядного (8) і розрядного (13) струмів. Нагадаємо, що такий результат одержано в припущенні, що внутрішнім опором джерела можна знехтувати.

Одержані результати показують, що процеси зарядки і розрядки конденсатора (встановлення електричної рівноваги) відбуваються не миттєво, а з кінцевою швидкістю. Для розглянутого кола, що складається з конденсатора і резистора, швидкість встановлення рівноваги залежить від добутку:

$$\tau = RC, \quad (14)$$

який має розмірність часу і називається **сталюю часу** даного кола або **часом релаксації**. Стала часу показує, через який час після початку розрядки напруга на обкладках конденсатора зменшиться в e раз ($e \approx 2,71$). Визначити час релаксації можна наступним чином.

Одержимо з експерименту залежність струму зарядки (чи розрядки) від часу $i=f(t)$, що повинна мати вид експоненціальної залежності (8):

$$i = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R} - \text{максимальне значення струму зарядки}). \text{ Дані експерименту подамо у вигляді графіку залежності } \ln \frac{i}{I_0} = \phi(t).$$

Якщо залежність $i=f(t)$ має вид (8), то $\ln \frac{i}{I_0} = -\frac{t}{RC}$, тобто графік матиме вид прямої лінії. Приклад такого графіку наведено на рис. 2. З графіку визначаємо

$$RC = \frac{t}{\ln(i/I_0)}.$$

Наприклад, для часу $t=80$ с значення $\ln(i/I_0)=1,53$. Отже, час релаксації дорівнює:

$$\tau = \frac{80 \text{ с}}{1,53} = 52 \text{ с}.$$

Цей же результат можна знайти ще й так. При $\ln(i/I_0)=1$ час $t=\tau$, тобто час релаксації дорівнює абсцисі точки, у якій ордината дорівнює

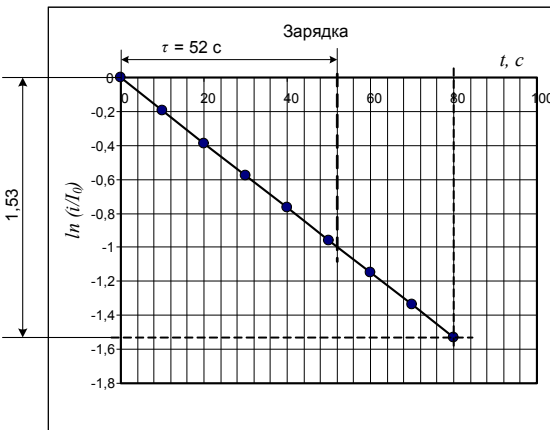


Рис. 2

одиниці.

Схема установки зображена на рис. 3. Вона складається з джерела струму GB1, конденсатора C, резисторів R1 і R2, перемикача SA1, що має три положення, і кнопки SB1. На схемі перемикач SA1 зображено в положенні, при якому коло розімкнуте.

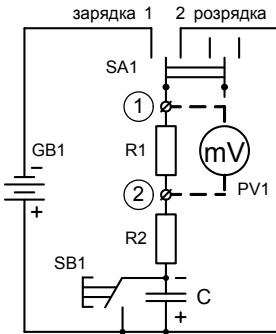


Рис. 3

Як джерело струму використовується батарея з двох з'єднаних послідовно гальванічних елементів чи акумуляторів типорозміру AA. Для вимірювання струму зарядки (чи розрядки) використовується мілівольтметр від мультиметра, яким вимірюють напругу на опорі R1. Якщо опір R1 вибрати рівним, наприклад, 1 кОм, то покази мілівольтметра будуть відповідати значенням струму в мікроамперах. В установці використано конденсатор K73-11 ємністю 6,8 мкФ ($\pm 5\%$), резистор R2 опором 5,1 МОм ($\pm 10\%$), резистор R1 опором 100 кОм. Зі значення останнього опору випливає, що покази мілівольтметра відповідатимуть струму 10^{-8} А. Кнопка SB1 потрібна для розрядки конденсатора.

Проводять лабораторну роботу згідно інструкції, наведеної нижче.

1. Приєднайте до вимірювальної установки джерело живлення. Вид зверху на установку з приєднаним джерелом живлення подано на рис. 4 та рис. 5. Перемикач SA1 повинен бути в середньому положенні.

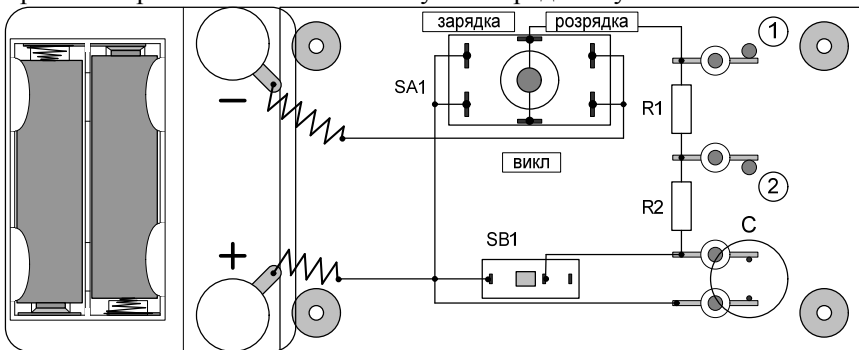


Рис. 4

2. Натисніть і потримайте декілька секунд кнопку SB1 для розряду конденсатора. Підключіть до гнізд 1 і 2 мілівольтметр від мультиметра (межа вимірювання – 200 мВ).

3. Приготуйте для вмикання секундомір, перевірте його роботу.

Приготуйте зошит для запису результатів. Записи доведеться робити швидко, кожні 10 с записувати покази мультиметра.

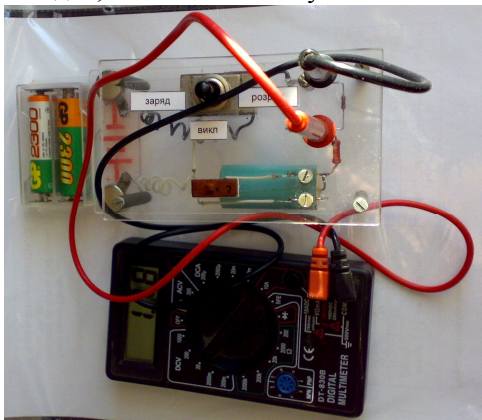


Рис. 5. Вигляд дослідної установки

4. Натисніть кнопку SB1 і утримуйте її в цьому положенні. Переведіть перемикач SA1 в положення «зарядка» і запам'ятайте (або зразу запишіть) покази мультиметра. Це значення відповідає початковому струму I_0 . Кнопку не відпускайте!

5. Одночасно запусить секундомір і відпустіть кнопку SB1. Почнеться зарядка конденсатора і секундомір почне відлік часу.

6. В момент, коли на секундомірі з'являться покази «10 с», швидко переведіть погляд на мультиметр і запам'ятайте та запишіть його покази. Можливо спочатку доведеться трохи потренуватись виконувати цю вправу; від точності записів буде залежати кінцевий результат.

7. Пункт 6 треба виконувати кожні 10 секунд на протязі трьох хвилин. Ви одержите 19 значень сили струму зарядки. Залиште перемикач SA1 в режимі зарядки ще на дві-три хвилини, але вже не ведіть записи.

8. Приготуйте секундомір до роботи, перемикач SA1 поставте в середнє положення «викл», потім одночасно переведіть SA1 в положення «розрядка» і включіть секундомір.

9. Початковий струм, звичайно, записати неможливо, тому записи починайте з моменту часу 10 секунд. Продовжуйте запис результатів протягом 3 хвилин. Якщо зарядка конденсатора виконана до кінця, то початкова напруга на ньому дорівнюватиме е.р.с. джерела, отже, початковий струм розрядки I_0 дорівнюватиме початковому струму зарядки.

10. Оскільки зарядка і розрядка здійснюються через один і той же опір, то відповідні значення струмів зарядки і розрядки будуть близькими одне до одного. Значні відхилення можуть вказати на якісь помилки при виконанні роботи.

11. Після трьох хвилин спостереження натисніть і потримайте декілька секунд кнопку SB1 для повної розрядки конденсатора.

12. Повторіть вимірювання, почавши з пункту 4. Якщо результати повторного вимірювання мало відрізняються від першого, то на цьому вимірювання можна припинити.

13. Переведіть перемикач SA1 в положення «викл» і від'єднайте джерело живлення.

14. За результатами експерименту побудуйте графіки залежності $i=f(t)$.

15. Обчисліть відношення i/I_0 , потім $\ln(i/I_0)$ і побудуйте графік залежності $\ln(i/I_0)$ від часу t . Якщо одержана залежність $i=f(t)$ експоненціальна, то останній графік буде прямою лінією. Обчислення і побудову графіків слід виконувати, використовуючи електронні таблиці.

16. За графіком $\ln \frac{i}{I_0} = \phi(t)$ визначте час релаксації τ . Порівняйте одержане значення з відомими вам значеннями R та C .

Приклад виконання роботи за інструкцією наведено нижче.

Запишемо значення опорів та ємність конденсатора:

$R_2 = 5,1 \text{ Мом} \pm 10\%$, $R_1 = 100 \text{ кОм}$, $C = 6,8 \text{ мкФ} \pm 5\%$ (К73-11 160 В).

В нижченаведених табл. 1 і табл. 2 одержані з досліду значення струму зарядки і розрядки та обчислені значення i/I_0 та $\ln(i/I_0)$.

Таблиця 1

Таблиця 2

Результати зарядки конденсатора

Результати розрядки конденсатора

Зарядка			
Час, с	Струм, 10^{-8} А	i/I_0	$\ln i/I_0$
0	57,5	1	0
10	43,8	0,761739	-0,27215
20	33,3	0,57913	-0,54623
30	25,4	0,441739	-0,81704
40	19,2	0,333913	-1,09687
50	14,6	0,253913	-1,37076
60	11,2	0,194783	-1,63587
70	8,5	0,147826	-1,91172
80	6,4	0,111304	-2,19549
90	4,9	0,085217	-2,46255
100	3,7	0,064348	-2,74345
110	2,8	0,048696	-3,02217
120	2,2	0,038261	-3,26333
130	1,7	0,029565	-3,52116
140	1,3	0,022609	-3,78942
150	1	0,017391	-4,05178
160	0,8	0,013913	-4,27493
170	0,6	0,010435	-4,56261
180	0,5	0,008696	-4,74493

Розрядка			
Час, с	Струм, 10^{-8} А	i/I_0	$\ln i/I_0$
0	57,5	1	0
10	43,4	0,754783	-0,28133
20	33,1	0,575652	-0,55225
30	25,2	0,438261	-0,82494
40	19,1	0,332174	-1,1021
50	14,6	0,253913	-1,37076
60	10,9	0,189565	-1,66302
70	8,3	0,144348	-1,93553
80	6,4	0,111304	-2,19549
90	4,8	0,083478	-2,48317
100	3,6	0,062609	-2,77085
110	2,8	0,048696	-3,02217
120	2,1	0,036522	-3,30985
130	1,6	0,027826	-3,58178
140	1,2	0,02087	-3,86946
150	0,9	0,015652	-4,15715
160	0,7	0,012174	-4,40846
170	0,5	0,008696	-4,74493
180	0,4	0,006957	-4,96808

На рис. 6 та рис. 7 зображені залежності струму від часу. Дані таблиць і графіки вказують на ідентичність процесів зарядки і розрядки.

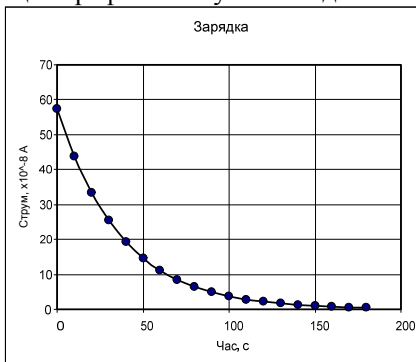


Рис. 6

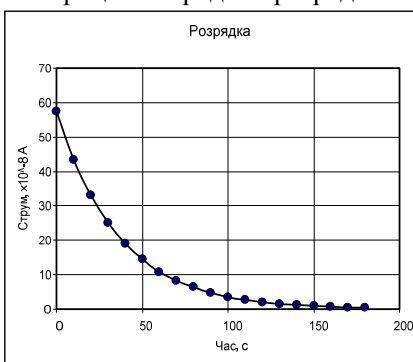


Рис. 7

На рис. 8 та рис. 9 зображені залежності $\ln(i/I_0)$ від часу. Графіки є практично прямими лініями, що свідчить про експоненціальну залежність струму зарядки чи розрядки від часу.

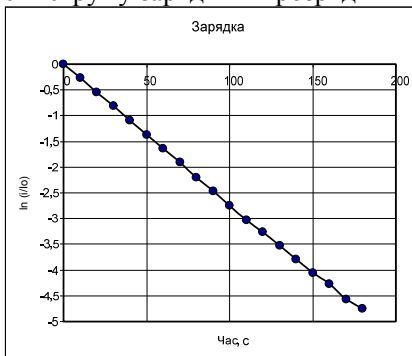


Рис. 8

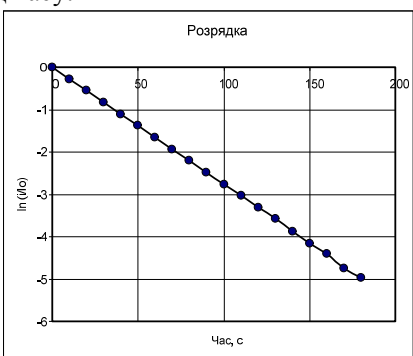


Рис. 9

На рис. 10 та рис. 11 зображені ті ж залежності $\ln(i/I_0)$ від часу, але для збільшення масштабу взято лише 60 секунд процесу. Це дає можливість досить точно графічним методом визначити час релаксації: $\tau=36,4$ с. Очевидно, що для графіка розрядки буде одержане таке ж значення τ .

Враховавши значення ємності і опорів, наведених в опису схеми установки, для добутку RC маємо: $RC=5,2$ МОм \cdot 6,8 мкФ $=35,36$ с $\approx 35,4$ с. Враховуючи клас точності резисторів і конденсатора і вважаючи, що похибка вхідних даних дорівнює 10%, одержимо: $RC=(35,4\pm 3,54)$ с $=(35\pm 4)$ с, що гарно узгоджується з експериментальним

значенням τ .

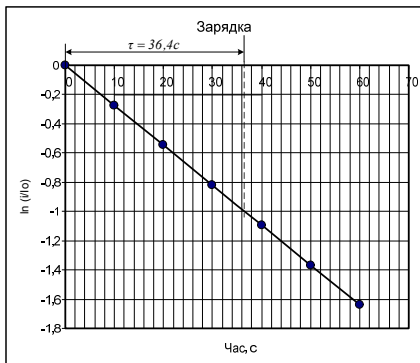


Рис. 10

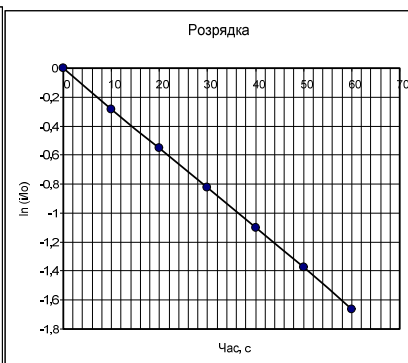


Рис. 11

Розглянемо проблеми, що виникли при конструюванні установки.

1. Вимірювання струмів мілівольтметром.

Вимірювання струму в лабораторних роботах можна виконувати міліамперметром від мультиметра. Проте в багатьох задачах необхідно знати більш-менш точно опір міліамперметра і враховувати його в розрахунках кіл. З цієї причини доцільно вимірювання струму замінити вимірюванням напруги на відомому опорі, який увімкнений в ділянку кола замість амперметра. При значенні опору 1 Ом покази мілівольтметра відповідатимуть значенню струму в мА. При необхідності вимірювати струми в десятки мікроампер опір в 1 Ом треба замінити на опір в 1 кОм. В роботі «Вивчення процесів зарядки і розрядки конденсатора» цей прийом був успішно застосований для вимірювання струмів до 0,01 мкА. При цьому в коло був включений резистор 100 кОм.

До речі, опір міліамперметра від мультиметра DT830B має наступні значення. На межі вимірювання 200 мА – 5,6-5,7 Ом, на межі 20 мА – 14,7-15 Ом, на межі 2000 мкА – 104 Ом, на межі 200 мкА – 1 кОм. Таким чином, включаючи в коло резистор ми не погіршуємо параметрів кола порівняно з випадком, коли вимірювання струму здійснюється міліамперметром. Струми ж менше мікроампера мультиметром виміряти взагалі неможливо.

При вимірюванні струмів до десятків мкА мілівольтметр підключається паралельно до резистора (1 Ом, 1 кОм), опір якого значно менший опору мілівольтметра (990 кОм). Тому підключення мілівольтметра не змінює параметри кола. При вимірюванні малих струмів (менше 1 мкА) використовується резистор 100 кОм, тому слід враховувати опір мілівольтметра. Опір, на якому вимірюється напруга, повинен бути 111-112 кОм, в цьому випадку разом з мілівольтметром якраз одержимо

100 кОм.

2. Вибір конденсатора для вивчення процесів зарядки і розрядки.

Пробне виконання роботи показало, що параметри установки для вивчення процесів зарядки і розрядки конденсатора слід вибирати таким чином, щоб час релаксації був в межах 20–50 с. При ємності конденсатора 1000 мкФ, опорі 20 кОм і джерелі живлення з е.р.с. 3 В початковий струм становить ≈ 150 мкА і за 100 с зменшується до одиниць мкА. Для вимірювання таких струмів можна використати мультиметр на межі 200 мкА, який на цій межі має внутрішній опір 1 кОм. Проте зручніше цей струм вимірювати за спадом напруги на опорі 1 кОм, постійно увімкнутим в коло. Покази мілівольметра на межі 200 мілівольт будуть при цьому відповідати струму в мкА.

Практичне виконання роботи на установці з оксидним конденсатором (К50-35 1000 мкФ 25 В) показало, що експоненціальний закон для зарядного струму спостерігається лише на початку процесу зарядки. Причиною є значні струми витоку, пов'язані з дефектами оксидного шару конденсатора.

Вказане явище значно ускладнює інтерпретацію результатів роботи, оскільки одержана залежність $\ln(i/I_0)=f(t)$ не є лінійною (див. рис. 12, 13).

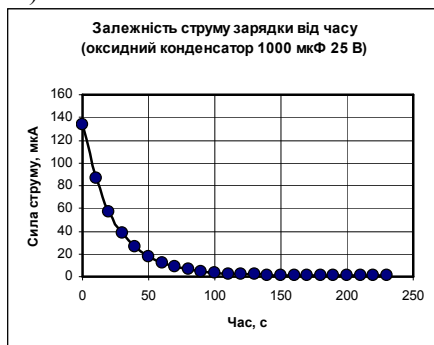


Рис. 12

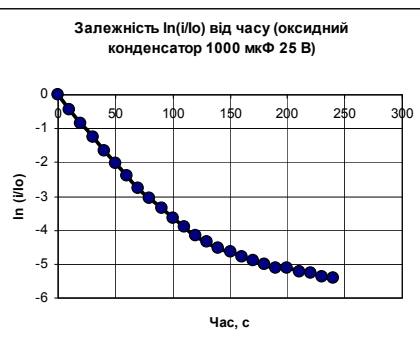


Рис. 13

Для усунення цього недоліку слід використати конденсатор з гарним діелектриком, не електролітичні. Такі конденсатори мають значно меншу ємність – одиниці мікрофарад. Для забезпечення необхідного часу релаксації треба брати опір, рівний 5–10 МОм. При таких опорах струм зарядки становитиме вже доли мкА – від 0,05 мкА до 0,001 мкА. Мультиметр такі струми вже не вимірює і єдиним варіантом залишається вимірювання напруги тепер уже на опорі в 100 кОм. Тепер вже необхідно враховувати опір мультиметра на межі 200 мВ (990 кОм) і замість резистора в 100 кОм використати резистор 111 – 112 кОм. Реалізація

цього варіанту показала його цілковиту придатність.

Проте не всі типи конденсаторів однаково придатні для даної задачі. Погані результати були одержані з конденсатором МБМ 1 мкФ 160 В (рис. 14, 15).

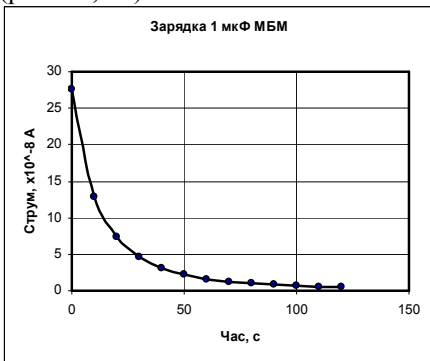


Рис. 14

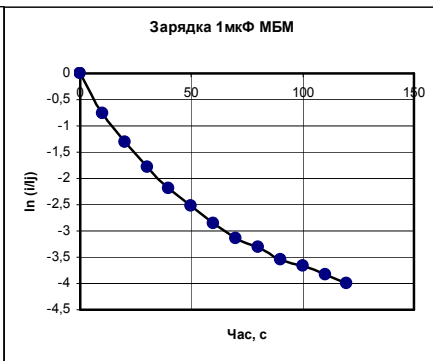


Рис. 15

Найкращі результати були одержані з конденсаторами К73-11 160 В ємністю 3,3 мкФ та 6,8 мкФ. Конденсатори такого типу і були використані в моделях установок (рис. 16, 17).

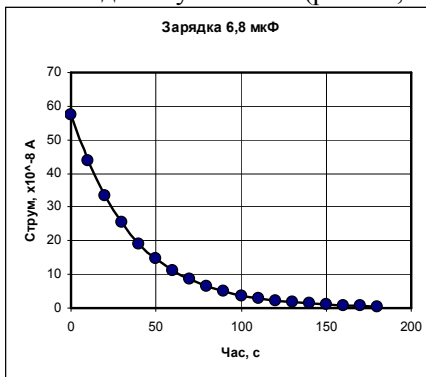


Рис. 16

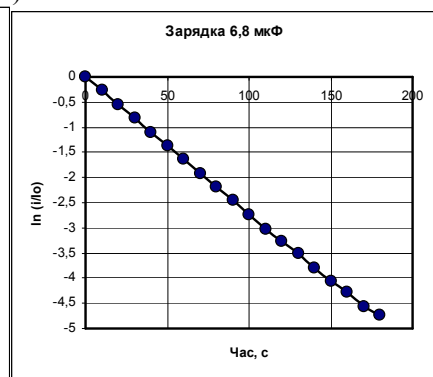


Рис. 17

Таким чином, мініатюризація дослідних установок дозволяє фронтально на сучасному рівні досліджувати фундаментальні процеси, суттєво зменшуючи вартість обладнання. Маємо надію на те, що наші розробки дозволять навчальним закладам України найближчим часом мати для вивчення фізики повноцінну експериментальну базу.

Література

1. Здешиц В. М. Застосування новітніх технологій для проведення лабораторних занять з фізики / В. М. Здешиц // III Всеукраїнська конференція «Сучасні технології в науці та освіті» : зб. наук. пр. – Кривий Ріг : Вид-во НМетАУ, 2003. – Т. 2. – С. 67-71.

2. Здешиц В. М. Розробка фронтальних лабораторних робіт з фізики в умовах кредитно-модульної системи навчання / В. М. Здешиц, В. М. Кадченко, В. П. Ржепецький, І. В. Шелевицький // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: зб. наук. пр. – Вип. ІХ. – Кривий Ріг : Вид. відділ НМетАУ, 2011. – С. 280-287.

3. Здешиц В. М. Мініатюрні багатофункціональні дослідницькі установки для проведення фронтальних лабораторних робіт з фізики / В. М. Здешиц, В. М. Кадченко, О. А. Коновал, В. П. Ржепецький // Фізика та астрономія. – К., 2012. – Вип. І. – С. 25-30.

ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА ТА ВИХОВАННЯ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ

Ю. В. Караван

Україна, м. Львів, Львівський інститут економіки і туризму
karavan41@mail.ru

Екологічні знання складають сьогодні невід'ємну і важливу компоненту основ фізики, які вивчаються в сучасній вищій школі; на їхній базі формується екологічна культура молодого покоління, яка передбачає, зокрема, оволодіння системою знань про фізико-технічні та технологічні аспекти підтримання рівноваги в природі, про способи запобігання її порушенню.

За умов науково-технічного процесу це забезпечує правильний вибір напряму розвитку виробничої діяльності людського суспільства, вибору, в якому будуть приймати участь випускники вищої школи, тобто служить важливим аспектом підготовки молоді до життя та праці [2].

Вивчення фізичних аспектів екологічних знань веде до поглиблення та розширення знань з фізики, зростанню зацікавленості студентів у предметі, розвиває в них ряд природоохоронних навиків, формує в їхній свідомості наукову картину цілісності природи, сприяє усвідомленню в ній місця і ролі людини, сучасних і майбутніх задач, які повинно вирішувати людство по охороні та раціональному використанню природних ресурсів, їхньому примноженню [1].

Головне природне протистояння, пов'язане з існуванням та розвитком життя на Землі, відбувається між геофізичними процесами, що збуджують біоту, і біотою, яка компенсує ці збурення. Звідси зрозуміла роль фундаментальних досліджень в області екологічної геофізики і фізики взагалі. У зв'язку з дослідженням термодинаміки відкритих систем та вивченням процесів самоорганізації в нерівноважених системах стали зрозумілими фізичні причини самоорганізації в живій та неживій природі. Елементи або системи живої та неживої природи є відкритими термодинамічними системами, далекими від стану рівноваги. Їх пронизують потоки енергії та речовини, і тому в них відбуваються процеси структуризації, самоорганізації. Таким чином, самоорганізація систем в природі ґрунтується на фундаментальних фізичних принципах [5].

Впорядковані утворення, які виникають в ході нерівноважених процесів є дисипативними структурами. Вони виникають внаслідок розвитку власних внутрішніх процесів системи. При цьому відбувається обмін системи енергією і речовиною з оточуючим середовищем, що забезпечує стан динамічної рівноваги, незважаючи на внутрішні втрати в

системі. В цьому їхня відміна від впорядкованих структур, виникнення яких зумовлене зовнішніми впливами. Системи океанічних течій, циркуляцій в атмосфері є досить яскравими і добре відомими прикладами дисипативних структур, які існують на планеті. Земля є відкритою системою. Основний потік енергії вона отримує від Сонця. В процесі фотосинтезу і наступних перетворень ця енергія трансформується в інші форми. Тепло, яке поступає врівноважується тепловим випромінюванням Землі.

На сучасній стадії свого розвитку екологія є наукою, яка призвана об'єднати, синтезувати сукупність наукових знань про біосферу [6, с. 9]. Цей процес інтеграції може бути вирішений лише на основі якогось загального організуючого начала і саме фізика повинна виступити в цій ролі. Прогнозна роль екології може бути виконана лише в тому випадку, якщо вона буде базуватись на фундаментальних принципах природи, законах організації природи. Частина екологічних проблем, які вивчаються фізикою, можуть бути виділені в особливу галузь екології – екологічну фізику.

Широкий спектр фізичних методів вивчення речовини повинна знайти застосування в створенні ефективних засобів моніторингу екосистем різного рівня. Очевидно, що глобальні методи моніторингу можуть бути створені лише на базі фізичних принципів.

Досвід розробки фізико-математичних моделей природних процесів також може бути корисним в дослідженні впливу антропогенних впливів на функціонування екосистем.

З різноманітності природних факторів земного походження, які негативно впливають на природні об'єкти, виділимо ті, які пов'язані з фізичними явищами, а саме: землетруси, зсуви ґрунту, селі, сніжні лавини, потоки води, шторми, цунамі, паводки, вітри, бурі, урагани, смерчі, різкі коливання температури, промерзання води в водоймах, щілинах скал, ливні, сильні снігопади, град, посуха, виверження вулканів, блискавки.

Ці фізико-метеорологічні фактори можуть мати як місцеве значення, так і регіональне, охоплюючи обширні райони та приносячи значну шкоду оточуючому середовищу.

Як і будь-яка галузь науки екологія має свої закони, які характеризують взаємовідношення різних елементів екосистеми і, врешті решт, усі процеси в біосфері. Все у Природі підлягає єдиним законам. Нагадаймо найважливіший базис науки: найгеніальніший вчений нічого сам не придумує, але силою свого генію відкриває для всіх і узагальнює те, що є в Природі. З іншого боку необхідно зрозуміти і визнати, що Природа і Життя надзвичайно різноманітні і включають в себе окремі напрями знань, кожне з яких є частиною єдиного і описує закони тих чи

інших явищ і процесів, але не відірваних і ізольованих від цілого – Природи, а притаманних їй.

На основі закону збереження речовини (маси) ми повинні зробити принциповий висновок: будь-які фізичні, хімічні або інші зміни не ведуть до зникнення речовини або отримання її з нічого. Будь-яка діяльність людини не здатна ні створити ні знищити ні єдиного атома речовини, а лише дозволяє перевести з одного стану в інший, але ніщо не зникає безслідно. З точки зору природокористування необхідно засвоїти, що будь-який процес буде створювати відходи, які також є частиною перетворювальної природної речовини.

Закон збереження енергії встановлює, що будь-які перетворення енергії не дозволяють отримати її більше, ніж було затрачено на початку, тобто будь-який матеріальний об'єкт на Землі при будь-яких фізичних, хімічних або інших змінах може лише перетворювати енергію з одного виду в інший, але не добиватись її виникнення або зникнення. Закон збереження енергії формулюється також як перший закон термодинаміки: необхідно абсолютно чітко уявляти, що закон збереження енергії має загальний характер і поширюється на всі процеси на Землі, включаючи суспільні та інші відношення людства. Так, він безумовно діє в економіці: закон вартості, наприклад, є його прямим наслідком. Енергетичний вираз будь-якої кількості завжди більш вірогідний та справедливий, ніж інший, тим більше відносний – наприклад, грошовий.

Другий закон термодинаміки визначає, що при будь-якому енергетичному процесі, що протікає спонтанно, відбувається перехід енергії з концентрованої форми у розсіяну, тобто завжди присутня втрата енергії (у вигляді недоступного для використання тепла), а стовідсотковий перехід з одного виду енергії в інший неможливий. Характерна дія цього закону при переході з однієї форми в іншу в живих системах: сонячна енергія переходить в хімічну при фотосинтезі і далі в їжі консументів перетворення в рух м'язів, роботу мозку та інші прояви життя – супроводжується на кожному з етапів і в кінці кінців деградацією високоякісної енергії, лише незначна частина якої переходить з одного рівня на інший, основна частина перетворюється в низькоякісне тепло і розсіюється в оточуючому середовищі. У відкритих системах ентропія, тобто міра неупорядкованості системи, може, як зростати, так і зменшуватись до певної мінімальної величини, але завжди більшої від нуля. Для екологічних біолого-еволюційних, а також суспільних процесів важливе значення має закон розсіювання, або принцип економії енергії (економії ентропії), який визначає, що за можливості розвитку процесу в деякій множині напрямів (кожен з яких допускається законами термодинаміки) реалізується той, який забезпечує мінімум розсіювання енергії (тобто міні-

мум зростання ентропії).

Закон внутрішньої динамічної рівноваги встановлює, що енергія, речовина, інформація і динамічні властивості окремих природних систем, включаючи екосистеми і біосферу в загальному та їхні ієрархії, взаємопов'язані і будь-яка зміна одного з цих показників викликає структурні кількісні та якісні зміни усіх інших показників, зберігаючи загальну кількість властивостей системи – енергетичні, інформаційні та динамічні. Наслідки дії цього закону проявляється в тому, що після будь-яких змін елементів природного середовища обов'язково розвиваються ланцюгові реакції, які намагаються нейтралізувати ці зміни. Суттєво, що незначні зміни одного параметра можуть викликати значні зміни в інших і в усій екосистемі. Закон дозволяє зрозуміти, що у випадку незначних втручань в природне середовище її екосистеми здатні саморегулюватись і відновлюватись, але якщо ці втручання перевищують певні границі і вже не можуть «згаснути» в ряду ієрархії екосистем, вони призводять до значних порушень енерго- та біобалансу на значних територіях і в усій біосфері.

Екологічна освіта та виховання студентів в процесі вивчення фізики пов'язані [3], перш за все, з формуванням у них уявлень про цілісність природи, взаємозв'язок явищ, які в ній протікають та їх причинної обумовленості, про взаємодію людини з природою та порушення внаслідок цього деяких природних процесів; з виробленням переконання про необхідність раціонального використання оточуючого середовища та захисту його від всякого забруднень, про можливість застосування наукових ідей та винаходів для „нейтралізації” негативних наслідків науково-технічного прогресу, наприклад, таких шкідливих фізичних факторів, як шум, вібрації, електромагнітні поля різних частот, обумовлені широким використанням електроприладів на виробництві та побуті, зростанням числа та потужності радіо- та телестанцій, радіолокаційних установок тощо. Таким чином, показ можливих шляхів виходу з назріваючої екологічної кризи, що ґрунтуються на досягненнях в області сучасної фізики і техніки (розвиток атомної енергетики та використання відновлюваних джерел енергії, застосуванні магнітодинамічних установок, новітньої виміральної апаратури та електронно-вчислювальної техніки, космічних методів контролю за оточуючим середовищем і т.п.), становлять другий важливий аспект екологічної освіти при вивченні фізики [4].

Вивчаючи курс фізики, студенти повинні отримати чітке уявлення про взаємозв'язок суспільства і природи, про значення атмосфери для існування життя на Землі, про основні джерела її забруднення, вплив цих забруднень на оточуюче середовище та життєві процеси, про шляхи охорони живої природи від впливу шкідливих фізичних факторів, про

можливі пагубні наслідки перетворення природного середовища (в тому числі і тих, в яких приймають участь самі студенти). Здійснити це можна, не розширюючи і не перенавантажуючи програму, а акцентуючи увагу студентів на проблемах екології, які тісно пов'язані з навчальним матеріалом, та організуючи відповідну самостійну роботу.

Фізичні знання розкривають фізичну сутність процесів, які відбуваються в природі внаслідок господарської діяльності людини.

Екологічний аспект вузівського курсу фізики, в принципі, полягає в повідомленні студентам технічних та технологічних основ мінімального негативного впливу на екосистему.

Значне значення мають уява про екологічно чисті джерела енергії (ріки, вітер, сонячне випромінювання, морські припливи, геотермальні джерела тощо), а також про замкнуті виробничі цикли.

Основними фізичними факторами біосфери та їхніми параметрами є ті фізичні поняття та величини, які на даному етапі розвитку науки відображають основні індивідуальні та загальні фізичні властивості, притаманні твердим, рідким та газоподібним речовинам, та обмінні фізичні процеси між ними (на рівні найдрібніших частинок, молекулярному та атомному).

До фізичних величин, що характеризують властивості твердих, рідких та газоподібних речовин, відносяться: тиск, густина, коефіцієнт Пуассона, модуль пружності, межа міцності, температура, питома теплоємність, температурні коефіцієнти лінійного та об'ємного розширення, теплопровідність, теплота згоряння, температура плавлення, питома теплота плавлення, поверхневий натяг, в'язкість, температура кипіння, питома теплота пароутворення, діелектрична проникність, питомий електричний опір, магнітна проникність, показник заломлення середовища, коефіцієнти поглинання та відбивання світла, атомний номер та заряд ядра, головне квантове число, максимальне число можливих електронних станів, терми атомів, константи йонізації, період напіврозпаду.

До фізичних величин, що характеризують обмінні процеси, відносяться: концентрація, коефіцієнт дифузії, абсолютна та відносна вологість, густина струму, густина потоку елементарних частинок.

Фізичні параметри полів, що пронизують біосферу, такі: гравітаційне поле – прискорення вільного падіння; електричне поле – напруженість, потенціал; магнітне поле – магнітна індукція; електромагнітні хвилі – довжина хвилі, густина потоку електромагнітного випромінювання.

З усіма названими поняттями та величинами студенти знайомляться при вивченні фізики. Даючи їм екологічне трактування, однак, треба мати на увазі наступне. По-перше, ступінь впливу деяких параметрів на

біосферу наукою поки що не встановлено або лише вивчається; по-друге, вплив на живу природу ряду фізичних факторів визначено лише для вузьких інтервалів відповідних параметрів. Ми стоїмо перед складною плутаницею фізичних, хімічних, біологічних причин і наслідків, багато з яких зрозумілі лише частково. Необхідно провести ряд ретельних фундаментальних досліджень, перше ніж можна буде ефективно приступити до вирішення цих проблем.

Розвиток енергетики, транспорту, промисловості в епоху науково-технічної революції призвело до значного забруднення біосфери та значних відхилень від норми її основних параметрів, що обов'язково веде до зміни законів функціонування як її окремих біологічних систем, так і усієї біосфери в цілому, до зменшення її здатності до самостабілізації та самоочищення. Оскільки саме фізика відкриває закони природи, які використовує техніка в процесі виробництва матеріальних благ, цей зв'язок фізики та техніки необхідно розкрити з природоохоронної точки зору.

При цьому слід зупинитись на наступних моментах: що обробляють (матеріали), чим обробляють (енергія), як обробляють (технологія).

Екологічна направленість викладання фізики підсилена, в основному, розглядом деяких фізичних величин (освітленість, температура, вологість, тиск та ін.), а також явищ (вітер, шум, вібрація, різне випромінювання тощо) і прикладних питань (наприклад, використання різних видів енергії – механічної, електричної, ядерної, геотермальної, сонячної і т. д.) з точки зору їхньої ролі в природних процесах або впливу на них позитивних та негативних сторін науково-технічного процесу, фізико-технічних методів та засобів охорони природи. Це дозволяє досягати того, щоб студенти глибше, повніше і правильніше розуміли все більш ускладнену взаємодію суспільства і природи, знали про небезпеку непередуманого втручання людини в її життя, вміли орієнтуватись в інформації про охорону та використання природних ресурсів, яку вони отримують з науково-популярної літератури, радіо- і телепередач, кінофільмів тощо, могли оцінити свої фізичні знання для активного захисту оточуючого середовища.

Введення елементів екології в навчальний процес з фізики допомагає підсиленню, з одного боку, ідейно-політичного, світоглядного змісту курсу, а з другої – його політехнічної, трудової направленості з метою більш ефективної підготовки студентів до участі в народному господарстві, зокрема в будь-якій його галузі, оскільки екологічні знання та навички носять загальний характер, вони необхідні всім, незалежно від спеціальності.

Щоби ці потенціальні можливості екологічного виховання та освіти

молоді при вивченні курсу фізики стали реальними, ідеєю „екологізації” навчального процесу повинен прийняти викладач, усвідомити її нагальну необхідність в нашій країні. Адже виживання людства зараз залежить від збереження загальної сприятливої обстановки на Землі, катастрофічний удар по якій може бути нанесений не лише ядерною зброєю, але й будь-яким джерелом необоротного порушення природної рівноваги.

Розуміння цього та ознайомлення студентів з основами екології, розвиток їхньої „екологічної свідомості”, виховання молоді в дусі необхідності передбачення та оцінки можливих конкретних змін рівноваги в оточуючому середовищі під впливом їхньої майбутньої виробничої діяльності – безпосередній громадянський обов’язок викладача фізики в умовах прискорення науково-технічного прогресу і його вагомий внесок в боротьбу за нормальні умови життя на нашій планеті.

Література

1. Варикаш В. М. Фізика в живій природі : монографія / В. М. Варикаш, Б. А. Кимбар, И. М. Варикаш. – Минск : Народна асвета, 1984. – 111 с.
2. Гербільський Л. В. Концепція національної програми інтегрованої екологічної освіти / Л. В. Гербільський, І. Г. Ємельянов // Вісник НАН України. – К. – 1999. – № 11. – С. 40–49.
3. Замостян В. П. Науково-методичне обґрунтування програми бакалавра-еколога / В. П. Замостян, В. М. Боголюбов, Л. І. Серета, В. К. Сидоренко // Наукові записки: Спец. випуск. – К. : НаУКМА. – 1999. – Т. 9. – С. 377–380.
4. Риженков А. П. Фізика. Человек. Окружающая среда : уч. пособие / А. П. Риженков. – М. : Просвещение, 1996. – 48 с.
5. Фадеева Г. А. Фізика и экология : уч. пособие / Г. А. Фадеева, В. А. Попова. – Волгоград : Мысль, 2004. – 74 с.

ВИКЛАДЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ З КУРСУ ФІЗИКИ НА ПРИКЛАДІ ІНТЕРФЕРЕНЦІ З УРАХУВАННЯМ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ І ФОРМУВАННЯ МОТИВАЦІЇ

Н. Л. Козлова

Україна, м. Київ, Національний авіаційний університет
ni_ko@bigmir.net

Із приєднанням до Болонської системи Україна стала часткою європейського освітнього простору, і цей крок можна тільки вітати. Отже, маємо можливість зберегти усе найкраще з вітчизняної системи освіти і збагатити їх здобутками європейської школи, наслідуючи заповіт великого Українця: «І чужому навчайтесь, і свого не цурайтесь.» Ми, викладачі вищих навчальних закладів, усвідомлюємо, що студент ХХІ століття має «навчитись пізнавати, навчитись працювати і навчитись жити», – таку концепцію практичного втілення основних принципів компетентності запропонувала ЮНЕСКО, така концепція є базовою для загальноєвропейського освітнього простору.

Саме цим ми, викладачі, намагаємось керуватись, творчо переносячи на український ґрунт загальноєвропейські засади того, що саме майбутній фахівець має знати, розуміти і вміти застосовувати, створюючи, таким чином, перелік інтегрованих вимог до знань і вмінь, які набуває студент протягом навчання.

Вміння застосовувати знання на практиці при аналізі і розв'язуванні найрізноманітніших ситуацій, що виникають у професійній діяльності, є надзвичайно важливим. Таким чином, методичні засади викладання фізики студентам 1 і 2 курсів вищого навчального закладу технічного напрямку мають бути зорієнтовані, серед іншого, і на врахування майбутньої технічної спеціальності студента, на використання міжпредметних зв'язків фізики із фаховими, а також загальнотеоретичними навчальними дисциплінами, які входять до навчальних програм за відповідними спеціальностями [1; 2].

Інша надзвичайно важлива теза, яку слід враховувати при розробленні й вдосконаленні методичної бази викладання фізики у вищому навчальному закладі технічного профілю, пов'язана із ідеєю неперервної освіти, тобто на взаємозв'язку, взаємодоповненні, поглибленні знань, зокрема, з фізики при переході від середньої до вищої освіти, із формуванням у студента потреби і бажання постійно розширювати свої знання, оновлювати їх, опановувати новітні досягнення науки і техніки.

Важливою задачею викладача вищої школи є вироблення в студентів загальнонавчальних вмінь і навичок, мотивацій до здобуття нових

знань; викладач також має сформувати у студента вміння творчо розв'язувати задачі, котрих у професійній діяльності безліч, а не боятись їх.

Одним із можливих методів формування таких навиків є формулювання конкретної технічної проблеми і наступне пояснення програмного навчального матеріалу з фізики на ґрунті розв'язання поставленої проблеми.

Для прикладу розглянемо питання викладання теоретичного матеріалу з інтерференції, а саме, визначення відстані між інтерференційними максимумами (або мінімумами). Явище інтерференції входить до програми фізики середньої школи, проте, як показує багаторічний досвід, у студента-першокурсника первинні знання цього явища дуже звужені. Окрім того, студент далеко не завжди вважає, що знання цієї теми є важливим для його спеціальності. Навіть майбутні радіоінженери не завжди відчують безпосередній зв'язок між зазначеною темою і обраною ними спеціальністю, а у програмістів або екологів ця тема взагалі викликає відторгнення як абсолютно зайва і непотрібна. Заклики викладача стосовно того, що вивчення фізики важливе для їхнього загального розвитку, для набуття навичок логічного і абстрактного мислення, сприймаються студентами, часто-густо, достатньо скептично. Сучасне покоління прагматично налаштованої молоді, як правило, відкидає будь-які доводи викладача щодо важливості опануванням навчальним матеріалом з фізики, оскільки не бачить у цьому жодної потреби з огляду на майбутню спеціальність і на фахові проблеми, які потрібно буде їм вирішувати у майбутньому.

Беручи до уваги наведені думки, зупинимося більш детально на розгляді теми «Інтерференція електромагнітних хвиль». Традиційна методика викладання цього матеріалу досить суха і безбарвна, вона здається студентові дуже далекою від життя і непотрібною для практичного використання в майбутньому. Така думка призводить до відсутності у студента мотивації для свідомого освоєння цього матеріалу і аналізу можливості застосування інтерференції при розв'язанні певних технічних проблем.

Спробуємо спростувати такий сухий підхід до вивчення зазначеної теми. Розглянемо більш практичний підхід до вивчення теми «Інтерференція хвиль».

Запропонуємо студентам задачу, яка, наскільки нам відомо, колись була запропонована курсантам одного Вищого військового авіаційного училища.

Курсантам дали завдання продумати такий маршрут підльоту до великого міста на березі широкій і могутній ріці, при якому наземні слу-

жби спостереження за літаками, що наближаються, виявили б літак якомога пізніше, тобто літак якнайближче мав наблизитись до міста непоміченим. Курсанти проклали різні маршрути: над лісом, над полями, над передмістями. Та найкраще впорались із завданням ті курсанти, які проклали маршрут підльоту до міста над рікою на малій висоті, їхні літаки були виявлені пізніше за усі інші, що наближались до міста над суходолом.

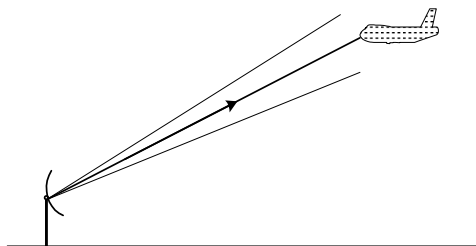


Рис. 1

Мабуть, саме ці курсанти найкраще знали фізику і змогли застосувати свої теоретичні знання на практиці.

Проаналізуємо, як доцільніше розрахувати маршрут.

Якщо літак летить на достатньо великій висоті (а саме так він летить над суходолом для того, щоб не зіткнутись із перешкодами), пучок електромагнітних хвиль від розміщеної на землі радіолокаційної станції, яка веде спостереження за об'єктами, що рухаються в повітрі, досягає літака по прямій лінії (рис. 1); після цього хвилі відбиваються від літака і повертаються до РЛС. Оператор РЛС увесь час бачить на моніторі рухомий літак у вигляді яскравої точки і безперервно може спостерігати за ним.

Інша річ, якщо літак летить на малій висоті. У такому разі деякі хвилі з пучка досягають літака вздовж прямої лінії АР (тобто, як і у попередньому випадку), інші ж хвилі торкаються поверхні землі (або води), частково відбиваються від такої поверхні за відомим законом Снелла і вже після цього досягають літака (АСР) (рис. 2). З рис. 2 видно, що хвилі, які досягають літака після відбивання від поверхні землі, можна вважати такими, що виходять із уявного джерела В.

Отже, теоретично можна вважати, що літака досягають дві хвилі: одна з них виходить з джерела А, а друга – з джерела В. Зрозуміло, що обидві хвилі відповідають вимогам когерентності, оскільки мають однакову частоту, а різниця фаз між ними залишається сталою. Залежно від

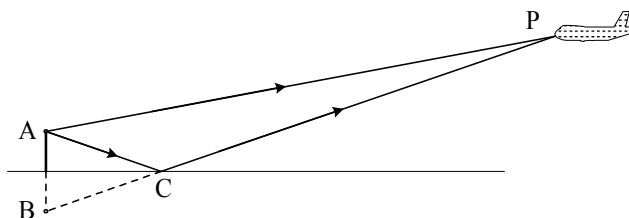


Рис. 2

Залежно від

оптичної різниці ходу між цими хвилями вони або підсилюють (максимум інтерференційної картини), або гасять одна одну (мінімум інтерференційної картини). Змодельована картина повністю відповідає схемі, наведеній в усіх навчальних посібниках з фізики, у розділі, де йдеться про інтерференцію хвиль і розрахунок відстані між максимумами і мінімумами інтерференційної картини [3]. Проте тепер студент бачить за лаконічним рисунком із навчального посібника реально, і навіть романтичну картину польоту літака і слідкування за ним за допомогою електромагнітних хвиль, що випромінюються РЛС.

Подальше викладання матеріалу з інтерференції хвиль можна здійснювати відповідно до схеми, що використана у навчальних посібниках:

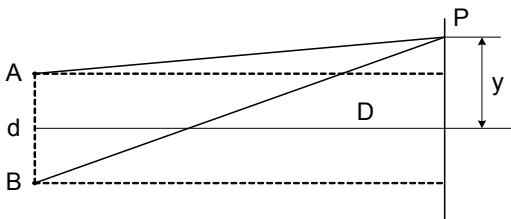


Рис. 3

рисунок робимо більш схематичним (рис. 3), розглядаємо відповідні трикутники, застосовуємо теорему Піфагора, розраховуємо положення максимуму (y) інтенсивності у точці P (саме в ній знаходиться літак), нарешті, виводимо остаточну формулу для відстані між

двома сусідніми максимумами,

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{d}, \quad (1)$$

що показує залежність відстані між інтерференційними максимумами Δy від довжини хвилі λ , відстані D до об'єкта, що рухається, і відстані d між джерелами A і B. Наведену формулу теж можна (і потрібно) зробити більш наочною, наповнити її живим змістом. Пропонуємо це зробити у такий спосіб.

Зрозуміло, що при спостереженні інтерференційної картини, що утворюється на екрані монітора РЛС внаслідок накладання когерентних хвиль PA і PCA (рис. 2), оператор бачить на екрані або результат підсилення хвиль, тобто спостерігається максимум інтерференційної картини, і літак видно на екрані у вигляді яскравої рухомої точки або результат взаємного гасіння хвиль (інтерференційний мінімум), при цьому літак зникає з екрана монітора. Поставимо перед студентами питання: як, на їхню думку, оператору РЛС зручніше працювати і стежити за переміщенням літака: коли літак на моніторі видно тривалий час, але потім довго не видно, або якщо поява і зникнення яскравої точки, що відтворює на екрані рухомий літак, чергуються достатньо швидко. Студентам

абсолютно зрозуміло, що кращим варіантом для спостереження за рухо- мим об'єктом, є швидке чергування появи і зникнення яскравої точки на екрані монітора. І саме таку швидкість чергування максимумів і мініму- мів інтерференційної картини зв'яжемо із відстанню між сусідніми ін- терференційними максимумами (або мінімумами), формула (1) котрої наведена вище. Дійсно, якщо відстань між сусідніми максимумами (чи мінімумами) інтерференційної картини є малою, то чергування появи і зникнення яскравої точки, що відтворює літак на екрані монітора, є швидким, у такому разі оператор матиме змогу практично безперервно спостерігати за місцеположенням літака у просторі. Отже, для оперативного і надійного слідкування за рухомих об'єктом у просторі, потрібно, щоб величина Δu у формулі (1) була малою, а ця величина визначається параметрами, що наведені у правій частині зазначеної формули.

Отже, проаналізуємо праву частину формули (1). Зрозуміло, що Δu матиме меншу величину, якщо величини, що стоять у чисельнику, а саме, довжина хвилі λ і відстань до об'єкту D , будуть меншими, а величи- на, що стоїть у знаменнику, d , тобто відстань від двох джерелами коге- рентних хвиль, буде більшою. Що це означає на практиці? Це означає, що для кращого спостереження за об'єктом, що рухається на невеликій висоті, РЛС має випромінювати хвилі меншої довжини, а висота антени, що випромінює хвилі (у формулі їй відповідає величина $d/2$), має бути більшою. Саме з огляду на ці міркування обирають параметри хвилі і розміри антени, що використовуються на РЛС. У деяких випадках, коли проблема висоти антени є особливо значущою, антену підіймають на повітряній кулі, значно збільшуючи у такий спосіб величину $d/2$.

Цікаво розглянути питання перенесення енергії при інтерференції хвиль. Це питання є важливим з огляду на потребу направити енергію хвиль (тобто, певну інформацію) лише в заданому напрямку (при цьому в інших напрямках вона не має поширюватись чи, принаймні, її величи- на має бути якнайменшою).

Для пошуку відповіді на поставлене питання уявімо таку практичну ситуацію: когерентні хвилі випромінюються двома радіоантенами, що знаходяться на такій відстані одна від одної, яка не перевищує величини оптичної різниці ходу між двома хвилями.

Розглянемо відому формулу для результуючої інтенсивності $I_{рез.}$ при накладанні двох когерентних хвиль однакової інтенсивності I ,

$$I_{рез.} = 2I(1 + \cos \delta) \quad (2)$$

(тут δ – різниця фаз коливань у хвилях в точці спостереження), впливає, що максимальна результуюча інтенсивність дорівнює $4I$, а мініма- льна – 0.

Відповідно до закону збереження енергія не зникає. У наведеній си-

туації енергія також не зникає, а тільки переноситься із точок з мінімальною інтенсивністю до точок із максимальною інтенсивністю. У яскравих точках інтенсивність двох хвиль була б $2I$, а в разі інтерференції когерентних хвиль вона дорівнює $4I$. Інтенсивність змінюється від 0 до $4I$, і її середнє значення, як і у випадку додавання звичайних хвиль, дорівнює $2I$, тобто тій однорідній інтенсивності, яка б існувала за відсутності інтерференції двох когерентних хвиль. Отже, формування інтерференційної картини узгоджується із законом збереження енергії.

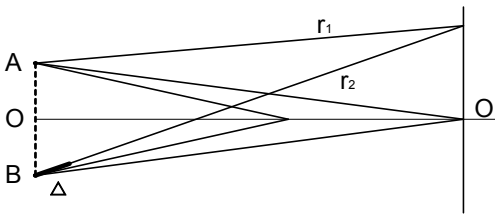


Рис. 4

Тепер розглянемо особливий випадок. Нехай два джерела когерентних хвиль A і B знаходяться одне від одного на відстані, меншій $\lambda/2$ (рис. 4). Як бачимо з рис. 4, оптична різниця ходу Δ між двома хвилями, що розповсюджуються

вдвох напрямках (вона показана товстішою лінією), менша за відстань між джерелами AB , тобто $\Delta < \lambda/2$. Тоді умова спостереження мінімуму інтенсивності $\Delta = (2m+1)\lambda/2$ не реалізується ніде. А умова максимуму інтенсивності, $\Delta = 2m\lambda/2$, виконується для $m=0$, тобто для усіх точок, що лежать вздовж лінії OO' на рис. 4. Це означає, що в усіх точках, що знаходяться на цій лінії, результуюча інтенсивність у чотири рази більша за інтенсивність однієї хвилі. Цей цікавий приклад показує, що проблема компенсації максимумів і мінімумів інтенсивності не є такою явною. Розрахунки показують, що у такому разі повна енергія, що проходить за вибраний проміжок часу через замкнуту поверхню, описану навколо обох когерентних джерел хвиль, є більшою за ту, яка була б у разі двох некогерентних джерел.

Звичайно, жодного порушення закону збереження енергії тут немає. Ми дійсно спостерігаємо збільшення енергії, що випромінюється протягом періоду двома когерентними джерелами, внаслідок їх взаємної дії. І ця енергія береться з тих енергетичних джерел, які живлять джерела хвиль A і B . Якщо ці енергетичні джерела не є нескінченими, вони просто будуть використані протягом меншого інтервалу часу і перестануть діяти раніше.

Якщо дві радіоантени, що випромінюють радіохвилі однієї довжини, встановлені так як зазначено вище, тобто на відстані меншій за половину довжини хвилі одна від одної, то їхня випромінююча здатність буде покращена, окрім того, вони дають можливість випромінювати максимальну енергію в певному напрямку (вздовж лінії OO' на рис. 4), тоді

як в інших напрямках енергія випромінювання нульова.

Наведений варіант викладання окремих питань теми «Інтерференція електромагнітних хвиль» дозволяє зацікавити студента, сформувати у нього мотивацію до вивчення теми, наблизити матеріал курсу до конкретних інженерних задач, сприяти формуванню компетентності студента, врешті-решт, розумінню того, що безліч фахових задач, які поставатимуть перед ним у майбутній діяльності, можуть бути розв'язані на основі законів природи, котрі й вивчає фізика – фундаментальна наука про природу.

Література

1. Пастушенко С. М. Професійна спрямованість вивчення молекулярної фізики і термодинаміки в технічному університеті / Пастушенко С. М. // Вісник Чернігів. держ. педагог. ун-ту ім. Т. Г. Шевченка. Випуск 65. Серія: Педагогічні науки. – Чернігів : ЧДПУ, 2009. – С. 246–250.
2. Пастушенко С. М. Професійна спрямованість вивчення механіки у курсі фізики у вищих навчальних закладах / Пастушенко С. М. // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Випуск 39 (2). Серія: Педагогічні науки. – Чернігів : ЧДПУ, 2008. – С. 137–143.
3. Physics for Engineering Specialities. Mod. 3. : навч. посіб. / V. Kulish, N. Kozlova, H. Kuznetsova, G. Marinchenko. – К. : НАУ-друк, 2010. – 160 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАССОВОЙ ФУНКЦИИ ПРИ ИЗЛОЖЕНИИ КУРСОВ КОСМОЛОГИИ И ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ

М. П. Коркина, Е. М. Коптева, Д. Е. Стриха
Украина, г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный
университет имени Олеся Гончара
greaterrible@gmail.com

1. Метод массовой функции

Метод массовой функции является одним из методов получения точных сферически симметричных решений уравнений Эйнштейна.

Как было замечено Дж. Сингом в его книге «Общая теория относительности» [1]: «В той сложной ситуации, которую мы перед собой имеем, точное решение уравнений поля гораздо предпочтительнее всяких приближений, причем даже точное математическое решение представляет собой лишь приближение к физической действительности (на большее не могла бы претендовать ни одна математическая формула)». Поэтому так важно использовать любую возможность получения точных решений. К таким возможностям относится и метод массовой функции.

Запишем сферически-симметричный интервал в общей теории относительности (ОТО) в общем виде:

$$ds^2 = e^{\nu(R,t)} c^2 dt^2 - e^{\lambda(R,t)} dR^2 - r^2(R,t) d\sigma^2 \quad (1.1)$$

где $r(R, t)$ – так называемый «радиус», выбранный таким образом, чтобы $2\pi r$ было длиной окружности с центром в начале координат, $d\sigma^2 = d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2$ – стандартная метрика на двумерной сфере. Здесь и далее греческие индексы пробегают значения от 0 до 3, латинские – от 1 до 3.

На больших масштабах вещество в нашей вселенной распределено изотропно. Таким образом, в качестве простейшей модели может быть выбрана модель, в которой веществом, заполняющим вселенную, является идеальная жидкость. Идеальная жидкость – это изотропная невязкая сплошная среда, находящаяся в тепловом равновесии; она описывается интервалом (1.1), и тензором энергии-импульса

$$T_{\nu}^{\mu} = (\varepsilon + p)u^{\mu}u_{\nu} - \delta_{\nu}^{\mu} p, \quad (1.2)$$

где $u^{\mu} = dx^{\mu}/ds$ – четырехвектор скорости, ε – плотность энергии, p – давление.

Уравнения Эйнштейна в этом случае имеют вид:

$$-\frac{8\pi\gamma}{c^4}T_2^2 = \frac{1}{4}e^{-\lambda}\left(2v'' + v'^2 + \frac{4r''}{r} - \frac{2r'\lambda'}{r} + \frac{2r'v'}{r} - v'\lambda'\right) + \frac{1}{4}e^{-\nu}\left(\frac{\dot{\lambda}\dot{v}}{c^2} + \frac{2\dot{r}\dot{v}}{c^2r} - \frac{2\ddot{\lambda}\dot{r}}{c^2} - \frac{\dot{\lambda}^2}{c^2} - \frac{4\ddot{r}}{c^2r}\right); \quad (1.3)$$

$$-\frac{8\pi\gamma}{c^4}T_1^1 = e^{-\lambda}\left(\frac{r'^2}{r^2} + \frac{v'r'}{r}\right) - e^{-\nu}\left(\frac{2\ddot{r}}{c^2r} + \frac{\dot{r}^2}{c^2r^2} - \frac{\dot{r}\dot{v}}{c^2r}\right) - \frac{1}{r^2}; \quad (1.4)$$

$$\frac{8\pi\gamma}{c^4}T_0^0 = -e^{-\lambda}\left(\frac{2r''}{r} + \frac{r'^2}{r^2} - \frac{r'\lambda'}{r}\right) + e^{-\nu}\left(\frac{\dot{\lambda}\dot{r}}{c^2r} + \frac{\dot{r}^2}{c^2r^2}\right) + \frac{1}{r^2}; \quad (1.5)$$

$$\frac{8\pi\gamma}{c^4}T_0^1 = e^{-\lambda}\left(\frac{2\dot{r}'}{cr} - \frac{r'\dot{\lambda}}{cr} - \frac{v'\dot{r}}{cr}\right), \quad (1.6)$$

где штрихом обозначена частная производная по R , а точкой – по t .

Видим, что уравнения Эйнштейна (1.3)–(1.6) даже для сферически симметричного случая громоздки и сложны для решения. Метод массовой функции позволяет существенно их упростить.

Получим уравнения Эйнштейна с использованием массовой функции.

Определим **массовую функцию** $m(R, t)$ следующим образом:

$$m(R, t) = r(R, t)(1 + e^{\Phi(R, t)} - e^{\Omega(R, t)}), \quad (1.7)$$

где

$$e^{\Phi} = e^{-\nu}\dot{r}^2c^{-2}; \quad (1.8)$$

$$e^{\Omega} = e^{-\lambda}r'^2.$$

Тогда уравнения Эйнштейна (1.3)–(1.6) могут быть записаны в виде

$$m' = \frac{8\pi\gamma}{c^4}\varepsilon r^2 r' \quad (a)$$

$$\dot{m} = -\frac{8\pi\gamma}{c^4}p_{\parallel}r^2\dot{r} \quad (b) \quad (1.9)$$

$$2\dot{r}' = r'\dot{\Omega} + \dot{r}\Phi' \quad (c)$$

$$2\dot{m}' = m'\dot{\Omega} + \dot{m}\Phi' - 4r\dot{r}r'p_{\perp} \quad (d)$$

где p_{\parallel} и p_{\perp} – радиальная и тангенциальная компоненты давления, соответственно.

2. Применение метода массовой функции для получения решений Фридмана

2.1. Уравнения Фридмана для пылевидной материи

Решение Фридмана для пылевидной материи описывает однородную и изотропную вселенную, заполненную пылевидной материей. Пы-

левидной называется материя с исчезающе малым давлением, т.е. для которой $p=0$. Свойство однородности означает, что плотность энергии не зависит от радиальной координаты. А свойство изотропии – что не существует выделенного направления, или, что в сопутствующей системе координат радиальная и тангенциальная составляющие тензора энергии-импульса равны, то есть $T_1^1 = T_2^2 = T_3^3$.

Из геометрии известно, что существует три типа однородных изотропных пространств – плоское пространство, пространство положительной кривизны – так называемая сфера Римана, и пространство отрицательной кривизны, или пространство Лобачевского. Для однородных и изотропных пространств в четырехмерном пространстве-времени метрический интервал можно записать в следующем виде

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a^2(t)(d\chi^2 + F^2(\chi)d\sigma^2)$$

где

$$F^2(\chi) = \sin^2 \chi \quad \text{для замкнутого мира (сфера Римана);} \quad (a) \quad (2.1)$$

$$F^2(\chi) = \sinh^2 \chi \quad \text{для открытого мира (пространство Лобачевского);} \quad (b)$$

$$F^2(\chi) = \chi^2 \quad \text{для плоского пространства;} \quad (c)$$

$a(t)$ называется масштабным фактором.

Таким образом, интервал (2.1) описывает все возможные однородные и изотропные пространства. Рассмотрим, как изменятся уравнения Эйнштейна с массовой функцией (1.9) для интервала (2.1). Имеем:

$$e^v = 1; e^\lambda = a^2(t); r = a(t)F(\chi), \quad (2.2)$$

откуда следует

$$e^\Phi = r^2 c^{-2};$$

$$e^\Omega = e^{-\lambda} r'^2 = F'^2(\chi) = \begin{cases} \cos^2 \chi ; \\ \cosh^2 \chi ; \\ 1. \end{cases} \quad (2.3)$$

Здесь штрихом обозначена производная по χ .

Далее учтем, что для пылевидной материи плотность энергии $\varepsilon = \varepsilon(t) \neq 0$, и давление $p = 0$. Из уравнения (1.9)(b) следует, что массовая функция не зависит от времени:

$$\dot{m} = 0 \quad (2.4)$$

Из (2.3) следует, что для однородных и изотропных пространств в сопутствующей системе координат $\dot{\Omega} = 0$ и уравнение (1.9)(c) обращается в тождество как для пылевидной материи, так и для материи с ненулевым давлением. С учетом (2.4) видим, что уравнение (1.9) (d) также обращается в тождество. И, таким образом, в (1.9) остается единствен-

ное уравнение:

$$m'(\chi) = \frac{8\pi\gamma}{c^4} \varepsilon(t) r^2 r'. \quad (2.5)$$

Выберем для определенности случай замкнутого мира (2.1)(а). Выражение для массовой функции (1.7) в рассматриваемом случае имеет вид:

$$m(\chi) = a(t) \sin \chi \left(1 + \dot{a}^2 c^{-2} \sin^2 \chi - \cos^2 \chi \right) = a(t) \sin^3 \chi \left(1 + \dot{a}^2 c^{-2} \right). \quad (2.6)$$

Разделим переменные в уравнении (2.6), получим:

$$\frac{m(\chi)}{\sin^3 \chi} = a(t) \left(1 + \dot{a}^2(t) c^{-2} \right) \equiv a_0, \quad (2.7)$$

где $a_0 = \text{const}$.

Из (2.7) имеем уравнение для нахождения $a(t)$:

$$\dot{a}^2(t) c^{-2} + 1 = \frac{a_0}{a(t)} \quad (2.8)$$

и выражение для массовой функции

$$m(\chi) = a_0 \sin^3 \chi. \quad (2.9)$$

Из (2.9) и (2.5) получаем выражение для плотности энергии:

$$\frac{8\pi\gamma}{c^4} \varepsilon(t) = \frac{m'(\chi)}{r^2 r'} = \frac{3a_0}{a^3}. \quad (2.10)$$

Используя (2.9), перепишем уравнение (2.8):

$$\frac{1}{a^2(t)} \left(\dot{a}^2(t) c^{-2} + 1 \right) = \frac{8\pi\gamma}{c^4} \frac{\varepsilon(t)}{3}. \quad (2.11)$$

Таким образом, зная зависимость масштабного фактора от времени, можно найти $\varepsilon(t)$. Итак, мы получили уравнение Фридмана для случая замкнутого мира.

Решим уравнение (2.8). В результате интегрирования получим:

$$\dot{a}^2(t) c^{-2} + 1 = \frac{a_0}{a(t)}$$

$$a = \frac{a_0}{2} (1 - \cos \alpha); \quad (2.12)$$

$$ct = \frac{a_0}{2} (\alpha - \sin \alpha),$$

где α – параметр.

Аналогично (2.8) можно получить уравнения для двух остальных случаев – открытого (2.1) (b) и плоского (2.1) (c) мира.

2.2. Уравнения Фридмана для материи с давлением

При наличии давления $\dot{m} \neq 0$ в соответствии с (1.9) (b), а значит,

массовая функция зависит и от t , и от χ :

$$m(t, \chi) = r(t, \chi) \left(1 + \dot{r}^2(t, \chi) c^{-2} - F'^2(\chi) \right), \quad (2.13)$$

где, согласно (2.2), $r(t, \chi) = a(t)F(\chi)$.

Для открытого мира имеем:

$$m(t, \chi) = a(t) \sinh \chi \left(1 + \dot{a}^2(t) c^{-2} \sinh^2 \chi - \cosh^2(\chi) \right)$$

$$m(t, \chi) = a(t) \sinh^3 \chi \left(\dot{a}^2(t) c^{-2} - 1 \right)$$

Аналогично для плоского и закрытого мира получаем, соответственно:

$$m(t, \chi) = a(t) \chi^3 \dot{a}^2(t) c^{-2}$$

$$m(t, \chi) = a(t) \sinh^3 \chi \left(\dot{a}^2(t) c^{-2} + 1 \right)$$

Или для всех трех случаев вместе:

$$m(t, \chi) = a(t) F^3(\chi) \left(\dot{a}^2(t) c^{-2} + k \right), \quad (2.14)$$

где k – параметр кривизны.

Получим уравнения Фридмана для рассматриваемого случая.

Из (1.9)(а) и (2.14) с учетом (2.2) имеем:

$$m'(t, \chi) = 3a(t)F^2(\chi)F'(\chi) \left(\dot{a}^2(t) + k \right) = \frac{8\pi\gamma}{c^4} \varepsilon(t) a^3(t) F^2(\chi) F'(\chi), \quad (2.15)$$

откуда получаем уравнение, аналогичное (2.11):

$$\frac{1}{a^2(t)} \left(\dot{a}^2(t) + k \right) = \frac{8\pi\gamma}{c^4} \frac{\varepsilon(t)}{3}. \quad (2.16)$$

Таким образом, видим, что уравнение Фридмана для материи с давлением остается таким же, как и в случае пылевидной материи, однако, массовая функция зависит от t и χ . Учитывая соотношения (2.14) и (2.16), можем записать:

$$m(t, \chi) = \frac{8\pi\gamma}{c^4} \frac{\varepsilon(t)}{3} a^3(t) F^3(\chi). \quad (2.17)$$

Зависимость плотности энергии и давления от масштабного фактора $a(t)$ в данном случае будет иметь вид:

$$\frac{\dot{\varepsilon}}{(\varepsilon + p)} = - \left(\frac{2\dot{r}}{r} + \frac{\dot{a}}{a} \right) = - \frac{3\dot{a}}{a}.$$

Итак, система уравнений Фридмана для материи с давлением представляет собой два уравнения:

$$\frac{1}{a^2(t)} \left(\dot{a}^2(t) + k \right) = \frac{8\pi\gamma}{c^4} \frac{\varepsilon(t)}{3}, \quad (2.18)$$

$$\frac{\dot{\varepsilon}(t)}{\varepsilon(t) + p(t)} = -\frac{3\dot{a}(t)}{a(t)}. \quad (2.19)$$

Система уравнений (2.18), (2.19) включает в себя и случай пылевидной материи, как частный.

2.3. Решение системы уравнений Фридмана для материи с давлением

В общем случае, для произвольных зависимостей $p(t)$, точное решение системы уравнений (2.18), (2.19) найти нельзя. Однако, ряд важных, физически значимых решений может быть получен при условии:

$$p(t) = n\varepsilon(t), \quad (2.20)$$

где n – произвольное постоянное число.

Подставим в уравнение (2.19) выражение для давления (2.20) и проинтегрируем полученное выражение, получим:

$$\varepsilon(t) = \frac{C}{a^{3(n+1)}(t)}$$

где C – постоянная интегрирования. Вместо постоянной C введем новую постоянную размерности длины a_n , так чтобы выражение для плотности энергии можно было переписать в следующем виде:

$$\frac{8\pi\gamma}{c^4} \varepsilon(t) = \frac{1}{a_n^2} \frac{3}{[a(t)/a_n]^{3(n+1)}}. \quad (2.21)$$

Подставим выражение для плотности энергии (2.21) в уравнение (2.18). Получим

$$\dot{a}^2(t) + k = \frac{1}{[a(t)/a_n]^{3n+1}}. \quad (2.22)$$

Найдем решение уравнения (2.22) в случае пространства Лобачевского ($k=-1$). Окончательно, искомая метрика будет иметь вид:

$$ds^2 = a_n^2 \sinh^{2\beta_n} \frac{\alpha}{\beta_n} (d\alpha^2 - d\chi^2 - \sinh^2 \chi d\sigma^2), \quad (2.23)$$

где $\beta_n = \frac{2}{3n+1}$ – произвольная постоянная

Аналогичное решение для закрытого мира:

$$ds^2 = a_n^2 \sin^{2\beta_n} \frac{\alpha}{\beta_n} (d\alpha^2 - d\chi^2 - \sin^2 \chi d\sigma^2) \quad (2.24)$$

и для плоского пространства, соответственно:

$$ds^2 = a_n^2 \left(\frac{1 + \beta_n}{\beta_n} \cdot t \right)^{\frac{2\beta_n}{1+\beta_n}} (d\alpha^2 - d\chi^2 - \chi^2 d\sigma^2). \quad (2.25)$$

Из (2.23) также можно получить метрику, описывающую пространство-время вселенной, в которой источником является электромагнитное излучение. Уравнение состояния для излучения имеет вид:

$$p = \frac{1}{3} \varepsilon . \quad (2.26)$$

Следовательно, в данном случае $\beta_{rad}=1$, и метрика для вселенной с излучением в случае пространства Лобачевского будет:

$$ds^2 = a_{rad}^2 \sinh^2 \alpha \left(d\alpha^2 - d\chi^2 - \sinh^2 \chi d\sigma^2 \right), \quad (2.27)$$

а в случае замкнутого мира, соответственно:

$$ds^2 = a_{rad}^2 \sin^2 \alpha \left(d\alpha^2 - d\chi^2 - \sin^2 \chi d\sigma^2 \right). \quad (2.28)$$

Заметим, что в рассматриваемом случае масштабный фактор можно записать в виде

$$a^2(t) = 2a_{rad}ct - kc^2t^2, \quad (2.29)$$

который содержит сразу все три решения ($k=0, \pm 1$).

3. Решение Толмена для пылевидной материи

Решение Толмена [2] описывает пространство-время в случае неоднородного сферически-симметричного распределения пылевидной материи, то есть, такого распределения, при котором плотность энергии $\varepsilon=\varepsilon(R, t)$ и давление $p=0$. В этом случае для интервала вида (1.1) с массовой функцией (1.7) из уравнения (1.9)(b) сразу следует, что $\dot{m}=0$, и следовательно, массовая функция не зависит от времени: $m=m(R)$. Тогда уравнение (1.9)(d) дает $m'\dot{\Omega}=0$, и следовательно, $\Omega=\Omega(R)$, поскольку в общем случае $m' \neq 0$. Введем стандартное обозначение

$$e^{\Omega} \equiv f^2(R), \quad (3.1)$$

тогда из определения e^{Ω} (1.8) следует, что $e^{\lambda} = \frac{r'^2}{f^2(R)}$. Уравнение

(1.9)(c) с учетом (1.8) дает $e^{\Phi} = \xi(t)r^2/c^2$, где $\xi(t)$ – произвольная функция интегрирования, откуда следует, что $v=v(t)$. Переопределив в интервале (2.1) временную переменную $e^{v(t)} dt_{старое}^2 \equiv dt_{новое}^2$, мы получаем синхронную систему координат, т.е. систему, в которой $g_{00}=1$, а $g_{0k}=0$. Таким образом, имеет место тот известный факт, что для пылевидного вещества сопутствующая система координат является синхронной. С учетом новых обозначений метрический интервал может быть переписан в виде:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - \frac{r'^2(R,t)}{f^2(R)} dR^2 - r^2(R,t) d\sigma^2, \quad (3.2)$$

а массовая функция:

$$m(R) = r(R,t)(1 - f^2(R) + \dot{r}^2(R,t)c^{-2}). \quad (3.3)$$

Перепишем выражение (3.3) относительно \dot{r} :

$$\dot{r}(R,t) = \pm c \sqrt{\frac{m(R)}{r(R,t)} + f^2(R) - 1}. \quad (3.4)$$

Далее, интегрируя (3.4) стандартным образом в зависимости от знака выражения $f^2(R) - 1$, получим три типа решения Толмена:

1) гиперболический тип решения Толмена, $f^2(R) > 1$:

$$r(R,t) = \frac{m(R)}{f^2(R) - 1} \sinh^2 \frac{\alpha}{2} \quad (3.5)$$

$$c(t - t_0(R)) = \pm \frac{m(R)}{2(f^2(R) - 1)^{3/2}} (\sinh \alpha - \alpha)$$

2) эллиптический тип решения Толмена, $f^2(R) < 1$:

$$r(R,t) = \frac{m(R)}{1 - f^2(R)} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad (3.6)$$

$$c(t - t_0(R)) = \frac{m(R)}{2(1 - f^2(R))^{3/2}} (\alpha - \sin \alpha)$$

3) параболический тип решения Толмена, $f^2(R) = 1$:

$$r(R,t) = \left[\pm \frac{3}{2} \sqrt{m(R)} c(t - t_0(R)) \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.7)$$

Здесь для гиперболического и параболического типов знак «+» соответствует расширению ($t_0 < t < \infty$), а знак «-» – сжатию ($-\infty < t < t_0$) пылевого распределения.

Итак, в решении Толмена функции $m(R)$, $f(R)$ и $t_0(R)$ являются произвольными функциями интегрирования, физический смысл которых состоит в следующем.

Функция $m(R)$ представляет собой эффективную или полную гравитационную массу пылевидного вещества, заключенного в объеме, ограниченном координатой R . Действительно, используя уравнение (1.9)(а), можно записать, что

$$m = \int_0^R \frac{8\pi\gamma}{c^4} \varepsilon(R,t) r^2(R,t) \frac{\partial r}{\partial R} dR. \quad (3.8)$$

Функция $f(R)$ представляет собой полную энергию частицы, находящейся в заданном слое R , в безразмерных единицах.

Функция $t_0(R)$ определяет время начала расширения или коллапса для данного слоя R .

Решение Толмена имеет две сингулярности: при $r(R, t) = 0$ и при

$r'(R, t)=0$. Особенность метрики:

$$r(R, t)=m(R) \quad (3.9)$$

определяет линию горизонта.

Заметим, что решение Шварцшильда в синхронных координатах является частным случаем решения Толмена (3.7), когда $m(R)=r_g$.

4. Решение де Ситтера

Решение де Ситтера [3] впервые было получено в координатах кривизн:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{r^2}{a_\Lambda^2}\right) c^2 dt^2 - \frac{dr^2}{1 - \frac{r^2}{a_\Lambda^2}} - r^2 d\sigma^2, \quad (4.1)$$

где a_Λ – постоянная размерности длины, и рассматривалось в качестве решения, описывающего статическое пространство-время.

Однако уравнение состояния для мира де Ситтера имеет вид:

$$\varepsilon + p = 0, \quad (4.2)$$

при этом давление:

$$p = -\varepsilon = -\frac{8\pi\gamma}{c^4} \frac{3}{a_\Lambda^2}. \quad (4.3)$$

Из (4.3) следует, что тензор энергии-импульса для мира де Ситтера имеет один и тот же вид в любой произвольной системе координат:

$$T_\mu^\nu = \varepsilon \delta_\mu^\nu, \quad (4.4)$$

то есть уравнение состояния (4.2) не изменяется при изменении системы координат. Следовательно, любая система координат для материи с уравнением состояния (4.2) является сопутствующей. Методом массовой функции можно найти космологические решения, описывающие мир де Ситтера.

Запишем метрику мира де Ситтера, выбрав синхронную систему координат ($e^v=1$) в однородном и изотропном пространстве (что, безусловно, имеет место в рассматриваемом случае, т.к. $\varepsilon=\text{const}$):

$$ds^2 = c^2 d\tau^2 - a^2(\tau) \left(d\chi^2 + \begin{Bmatrix} \sinh^2 \chi \\ \sin^2 \chi \\ \chi^2 \end{Bmatrix} d\sigma^2 \right). \quad (4.5)$$

Уравнения для массовой функции имеют вид (1.9). Массовая функция для метрики (4.5) дается выражением:

$$m(\tau, \chi) = r(\tau, \chi) \left(1 + \frac{\dot{r}^2}{c^2} - e^{-\lambda} r'^2 \right). \quad (4.6)$$

Из (4.5) следует, что $e^{-\lambda} = 1/a^2(\tau)$, и $r' = a(\tau) \begin{Bmatrix} \cosh \chi \\ \cos \chi \\ 1 \end{Bmatrix}$, и далее, не-

посредственное вычисление дает:

$$e^{-\lambda} r'^2 = e^{\Omega} = \begin{Bmatrix} \cosh^2 \chi \\ \cos^2 \chi \\ 1 \end{Bmatrix}. \quad (4.7)$$

Тогда выражение для массовой функции (4.6) можно переписать в следующем виде:

$$m(\tau, \chi) = a \left(\begin{Bmatrix} \sinh^3 \chi \\ \sin^3 \chi \\ \chi^3 \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} (\dot{a}^2 c^{-2} - 1) \\ (\dot{a}^2 c^{-2} + 1) \\ 1 \end{Bmatrix} \right). \quad (4.8)$$

Из уравнений (1.9)(a)-(b) получим выражения для массовой функции:

$$m(\tau, \chi) = \frac{8\pi\gamma}{c^4} \frac{\varepsilon}{3} a^3 \begin{Bmatrix} \sinh^3 \chi \\ \sin^3 \chi \\ \chi^3 \end{Bmatrix} \quad (4.9)$$

Подставим выражение (4.9) в уравнение (4.8) и получим:

$$\frac{\dot{a}^2}{c^2} + k = \frac{8\pi\gamma}{c^4} \frac{\varepsilon}{3} a^2, \quad (4.10)$$

где $k=0, +1, -1$ для плоского, закрытого и пространства Лобачевского, соответственно. Несложно получить решение уравнения (4.10). Для замкнутого мира:

$$a = a_{\Lambda} \cosh \frac{c\tau}{a_{\Lambda}}, \quad (4.11)$$

для пространства Лобачевского:

$$a = a_{\Lambda} \sinh \frac{c\tau}{a_{\Lambda}}, \quad (4.12)$$

и для плоского пространства:

$$a = a_{\Lambda} e^{\frac{c\tau}{a_{\Lambda}}}. \quad (4.13)$$

5. Чёрные дыры с небарионной материей

Метод массовой функции в целом не применим в тех случаях, когда метрические коэффициенты зависят только от r или только от t (так на-

зываемые T -решения), однако, его можно использовать частично, упрощая получение решения.

Рассмотрим записанные в координатах кривизн сферически-симметричные метрики типа

$$ds^2 = e^{v(r,t)} dt^2 + e^{\lambda(r,t)} dr^2 + r^2 d\sigma^2, \quad (5.1)$$

в которых выполняется условие:

$$e^v = e^{-\lambda}. \quad (5.2)$$

Используя полученные выше методом массовой функции уравнения Эйнштейна, можно показать, что в случае зависимости метрических коэффициентов только от r это соответствует условию:

$$T_0^0 = T_1^1 \Leftrightarrow \varepsilon = -p_{rad} \quad (5.3)$$

Метрические коэффициенты при dt^2 и dr^2 в случае зависимости только от r имеют вид:

$$\left(1 - \frac{m(r)}{r}\right)^{\pm 1} \quad (5.4)$$

а выражение для массовой функции (1.7) в данном случае примет вид:

$$m(r) = r(1 - e^{-\lambda(r)}). \quad (5.5)$$

Если (5.4) знакопеременны, то в метрике присутствует горизонт событий, разделяющий R - и T -области (в T -области невозможен статический наблюдатель, а t и r «меняются местами»), определяемые условиями

$$\begin{aligned} m(r) < r &\rightarrow R \\ m(r) > r &\rightarrow T \end{aligned} \quad (5.6)$$

Используя уравнения Эйнштейна и закон сохранения тензора энергии-импульса:

$$T_{v;\mu}^{\mu} = 0, \quad (5.7)$$

можно получить:

$$T_0^0 = T_1^1 = \frac{m'}{r^2} \quad (5.8)$$

$$T_2^2 = \frac{m''}{2r} = T_3^3. \quad (5.9)$$

Поскольку энергия $\varepsilon > 0$, из (5.3) следует, что радиальное давление всегда отрицательно (то есть, допускается существование небарионной материи) и равно $-\varepsilon$. Тангенциальное давление $p_{\perp} = -T_2^2$ может быть как положительным, так и отрицательным.

При условии:

$$T_2^2 = kT_1^1; k = \text{const} \quad (5.10)$$

выполняется следующее соотношение:

$$\frac{m''}{m'} = \frac{2k}{r} \quad (5.11)$$

Решая, получаем:

$$m(r) = \frac{C_1}{2k+1} r^{2k+1} + C_2 \quad (5.12)$$

Условию (5.2) удовлетворяют некоторые известные метрики, для них имеем следующие значения m, k, p_r, p_\perp :

Метрика	m	k	p
Шварцшильда	r_g		$\varepsilon=0=p_r$
Райсснера-Нордстрёма	$r_g - \frac{q^2}{r}$	-1	$\varepsilon = -p_r = \frac{q^2}{4}; \quad p_\perp = -p_r$
Де Ситтера	$\frac{r^3}{a^2}$	1	$\varepsilon = -p_r = p_\perp$
Риндлера	$r_g + gr^2$	$\frac{1}{2}$	$\varepsilon = -p_r; \quad p_\perp = \frac{1}{2} p_r$

В этих метриках выражение (5.4) для метрических коэффициентов примет вид:

$$\left(1 - \frac{C_1}{2k+1} r^{2k} + \frac{C_2}{r} \right)^{\pm 1} \quad (5.13)$$

а его нули будут определять координатные особенности метрики.

Итак, в R -решениях массовая функция определяет горизонт событий. Также видно, что горизонтов может быть несколько (например, как в случае заряженной чёрной дыры). В этом случае R - и T -области чередуются.

Литература

1. Синг Дж. Л. Общая теория относительности / Дж. Синг. – М. : Издательство иностранной литературы, 1963. – 443 с.
2. Tolman R. C. Relativity Thermodynamics and Cosmology/ Richard C. Tolman. – Oxford : Clarendon Press, 1934. – 501 p.
3. de Sitter W. On Einstein's Theory of Gravitation, and its Astronomical Consequences / W. de Sitter // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 1917. – Vol. 78. – P. 3-12.

ФІЗИЧНИЙ КАЛЕЙДОСКОП

Ю. Є. Крот

Україна, м. Харків, Харківський національний університет будівництва та архітектури

Автор цієї публікації давно стурбований і засмучений байдужістю багатьох викладачів фізики до змісту матеріалу, який вони викладають, і безконтрольністю «згори» якості рукописів, що їх надають деякі автори для видання у ролі навчальних посібників (а то й підручників!). На жаль, минули часи, коли у видану книгу вклеювали аркуш з обіцянкою вдячності автора книги тим, хто повідомить про наявність у тексті помилок чи похибок (проте автору даної публікації відомий випадок такої вдячності автора [1], який вдумливо працював над перевиданням [2] своєї книги). Дана публікація містить добірку зауважень автора до навчально-го курсу фізики, про деякі з них автор повідомляв на цій конференції.

Рецензенти, прізвища яких наводяться в посібниках (іноді аж по *n* 'ять, для «надійності»? – [3; 4]), іноді підписують заготовлені автором рукопису «компліментарні» тексти рецензій, чомусь не враховуючи, що у випадку істотних недоліків у змісті виданої книжки стають їх «співавторами». Подібна ситуація склалася не тільки в нашій, а й у деяких сусідніх країнах. Розглянемо яскравий приклад подібного «рецензування» **російського** навчального посібника [5]. (Критикувати *не вітчизняні* видання безпечніше, бо в цьому випадку «на грубость не нарвешься» (рос.), як було з автором даної публікації, коли він виконував функції керівника фізичної секції нашої конференції у 2010 р.: викладач льотно-го навчального закладу «порадив» керівнику, який іноді робив товариські зауваження доповідачам, «не корчити з себе Ландау», знаходячи недоліки в доповідях, а бути лише «оголошувачем» назв доповідей за програмою засідання).

Посібник [5] був уже 4-м виданням, отже його автор мав цілковиту можливість виправити істотні помилки попередніх видань, якби такі помилки виявив він сам чи йому, із запізненням, підказали б рецензенти (прикладом небайдужості автора може бути також ставлення І. І. Біленка до своїх видань [6; 7], про це – далі). Видання [5] адресувалось «учням старших класів шкіл і зі звичайним, і з поглибленим вивченням фізики, студентам і для самоосвіти». Ця яскраво оформлена книжка користувалася значним попитом покупців у книжкових магазинах Харкова. «Путівку в світ» посібнику дали четверо фізиків, офіційно визнаних (в Росії) *фахівцями*. В книзі як рецензенти *зазначені* двоє: академік РАН і д. ф.-м. н.; як консультант – д. т. н.; як редактор – доц., к. ф.-м. н. Чому

ж така солідна компанія не підказала «нетитулованому» автору наявність в рукопису хоча б ось таких істотних недоліків:

1) На с. 180 інтерференцією світла названо «явище накладання світлових хвиль одна на одну...», хоча накладання – це процес, а явище інтерференції – результат цього процесу.

2) На с. 337 імпульс фотона записано як $m_{\phi c}$, хоча на с. 303 і с. 330 визнається безмасовість фотона.

Зробимо паузу в розгляді [5], присвятивши її фотону. Якщо дехто з викладачів і досі *свідомо* навчає студентів «двоїстості» поняття маси (маса спокою і релятивістська маса), вважаючи, що це – «питання смаку», як викладати, то несприйняття загальновизнаного і доведеного уявлення про безмасовість фотона змушує згадати злий «жарт» Ландау, що теоретична фізика – не для слов'ян. В найкращих посібниках [8; 9; 10] $m_{\text{фот}}=0$. Неприємно вражають ось такі фрази із збірника нашої конференції 2008 р: «Фотон має скінченну масу» (с. 170); «...недоречний вираз для імпульсу фотона $\frac{h\nu}{c}$ » (с. 234), а хіба вираз mc доречніший?

Продовжимо розгляд [5].

3) На с. 413 (рис. 1) наведено схему лічильника (з центральним електродом у формі нитки, а не вістря) і говориться, що ця схема ілюструє конструкцію приладу, який винайшли у 1908 р. Гейгер і Резерфорд і який має назву лічильника Гейгера, хоча насправді це – схема лічильника Гейгера-Мюллера, винайденого аж у 1928 р.

4) На с. 422 міститься просто жакликий рисунок (тут – рис. 2), який начебто ілюструє схему ланцюгової реакції (про це – в [11]: нейтрони в дійсності вилітають не з ядра, а з осколків);

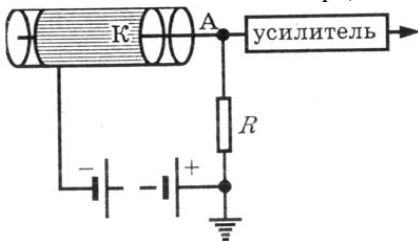


Рис. 1. Схема лічильника елементарних частинок елементарних частинок

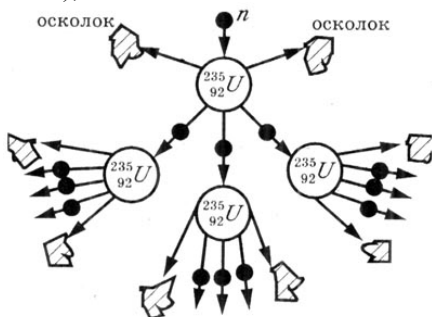


Рис. 2. Неправильне зображення схеми ланцюгової реакції

5) На с. 359 – «мушкетерський жарт»: «Дифракцію електронів виявили в 1927 р. Де Вісон (в оригіналі він – *Davisson*) і Джермер». Тут –

не тільки неповага автора і рецензентів до пам'яті Нобелівського лауреата Клінтона Девіссона, але й «забуття» про його «нобелівського напарника» Дж. П. Томсона і про радянського дослідника П. С. Тартаковського.

6) На с. 413 і с. 414 описується Камера Вільсона (Краплинотрекова камера), але далі не згадується Нобелівський лауреат Дональд Глезер (але ж бульбашкова камера – це камера Глезера); невиправдано не згадується Нобелівський лауреат П. О. Черенков і його лічильник.

7) На с. 331 Столетов (без зазначення ініціалів) вважається автором усіх 3-х законів фотоефекту, хоча насправді О. Г. Столетов відкрив лише один закон, крім нього були ще й «неросійські» дослідники фотоефекту: Гальвакс, Рігі, Ленард.

8) Перебільшується роль ще одного *російського* вченого на с. 158, де говориться про «замечательного русского ученого А. С. Попова», на честь винаходу якого «7 мая празднуется во всем мире как День радио» (про значно стриманішу оцінку досягнень Попова див. в [12]).

9) На с. 380 повідомляється, що «принцип дії мазерів і перші їх зразки були розроблені під керівництвом *академіка* Г. М. Басова, за що він одержав Нобелівську премію». Ну, нехай авторка далека від «світу академіків», але ж рецензент – академік! Чому ж він «не навів порядок»? По-перше, Басов був *Микола*, а не Геннадій. По-друге, працював він разом із керівником своєї дисертаційної роботи Олександром Прохоровим (хто з них на якому етапі ким керував – точно знали лише вони). Коли вони створили аміаковий мазер (у 1954 р.), то Басов ще не був не тільки академіком, а, на відміну від Прохорова, навіть чл.-кор-ом АН. Нобелівську премію одержав не сам тільки Басов, але й Прохоров, і американський фізик Чарльз Таунс.

Автору даної публікації не подобається ось такий підхід до одного з положень Спеціальної *теорії* відносності в [5], с. 306: «В *теоретичній* фізиці маса *завжди* вважалась інваріантом, а ось *тепер* (?) цей підхід проник і в навчальну літературу». Але хіба відображення наукових досягнень фізики (і теоретичної теж) не було *завжди* обов'язком навчальної літератури?

Важко утриматись від прикладу й такого посібника, як [3], на який автор даної публікації «непрошено» («за державу прикро») надіслав у видавництво рецензію із сподіванням «добровільного» урахування автором посібника зроблених в рецензії зауважень при перевиданні посібника, що було зроблено далеко не повністю. Стосовно цього *вітчизняного* посібника (до того ж виданого не в останні роки) обмежимося лише кількома зауваженнями, спинившись на прикладах, які повинні були «кидатись в очі» хоча б одному з 5-ти рецензентів. Отже:

- 1) не буває «затраченої» роботи;
- 2) у Миколи Жуковського, який спроектував авіаційне крило (типу «НЕЖ, рос.», [3]), батько був Єгор, а не Юхим (рос. «Ефим»);
- 3) момент сили як вектор не може розглядатись відносно *осі* обертання, а матеріальна точка не може *обертатись*;
- 4) елементарна комірка графіту (до якого ми повернемося, говорячи про моль) не аналогічна простій гексагональній комірці цинку (як в [3], рис. 3а),
- 5) неправильний і багатокоміркова схема, рис. 3б [25], а насправді між двома гексагональними площинами, розташованими одна під одною, є проміжна площина, зсунута стосовно цих двох (рис. 3в).

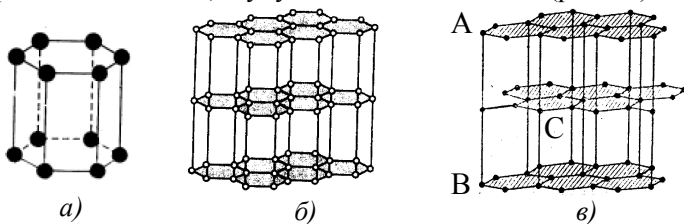


Рис. 3. Схеми кристалічної ґратки графіту

Поняття «кипіння» в [3] начебто вміщує в собі і *поверхнєве* пароутворення, тобто – випаровування; кристал турмаліну не може бути прикладом *поляроїда*; явище магнітострикції не обмежується *укороченням* феромагнітного стрижня; сучасне поняття «кварк» не можна порівнювати з «*партонами*» Фейнмана (якби Г. С. Богданова спробувала пояснити читачам походження цього виразу, *part* – частина, то чи вона сама, чи хтось із рецензентів могли б помітити помилку).

Далі будуть зауваження, частина з яких уже була «розкидана» в багатьох статтях автора даної публікації.

Автори деяких підручників з математики (і деякі викладачі математики) узагальнено говорять, що похідна деякої величини (не тільки за часом, але і за координатою) дорівнює *швидкості* зміни цієї величини. Аналогічно, про градієнт деякої функції говорять (наприклад, в [13]), що він указує напрямом *найшвидшого* її зростання. В дійсності ж похідна деякої величини має сенс швидкості її зміни тільки при диференціюванні *за часом*, а градієнт указує напрямом *найбільш різкого* (чи *стрімкого*) її зростання (адже до складу градієнта входять частинні похідні не за часом, а за відстанню). Принагідно відзначимо невдалість такого запису градієнта, який часто зустрічається:

$$\text{grad } f(x, y, z) = \frac{\partial f}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial f}{\partial z} \mathbf{k}.$$

У цьому випадку немає відмінності в записах вектора градієнта і його модуля (наприклад, $\text{grad } T = \frac{dT}{dy}$). В [13] суперечність усувається нестандартним позначенням $\vec{g} = \text{grad } f(x,y,z)$. В [14] для позначення градієнта використовується векторний диференціальний оператор ∇ (набла), що спочатку називався оператором Гамільтона, у цьому випадку замість $\text{grad } f$ пишуть ∇f (фахівці в історії фізики і математики пов'язують походження цього значка і його найменування з давньоєврейським чи давньоєгипетським музичним інструментом типу трикутної арфи чи ліри).

При викладанні шкільного курсу фізики дуже важливі поняття *інертність і маса*. З явищем інерції тісно пов'язано багато технічних проблем (наприклад, рекуперация механічної енергії, тобто використання енергії, яка «гаситься» при гальмуванні машини, що рухалася). Але саме це поняття, некоректно сформульоване Ньютоном ще на зорі становлення і розвитку механіки, й досі (може, з поваги до Ньютона?) в багатьох наукових і навчальних виданнях зберігається (всупереч сучасним науковим поглядам).

Ньютон в [15] писав ще й так: «Тіло *протидіє* діючій на нього силі, *прагнучи* зберегти свій стан». Нажаль, такі вирази зустрічаються в багатьох джерелах інформації. Прочитуємо професора теоретичної механіки М. В. Гулія [16]: «Інерція – це властивість тіл чинити опір зміні їх швидкості як за модулем, так і за напрямком». В [17] сказано: «Якщо об'єкт знаходиться у спокої, то він прагне залишитись у спокої; якщо ж він рухається, то прагне продовжити рух» (тут навіть не оговорюється, що рух – рівномірний і прямолінійний).

У книжці [18] з дуже сміливим підзаголовком «Книга для юних любителів фізики с філософським складом ума» надруковано: «Будь-якому фізичному тілу притаманна властивість інерції, яка відображує прагнення тіла до збереження спокою чи рівномірного *прямого руху*». В [18] ще багато хибних виразів («кількість речовини в фізиці називають масою»; «*вагу* я ризикну назвати, по шкільному, *силою тяжіння*, як, услід за Кеплером, учив Ньютон»; «інерція – це *пасивна неслухняність* сили»; «сила прикладається до *маси*, яка, завдяки своїй інерційності, супротивиться силі»). Книжка [18] такої «якості» побачила світ завдяки видавництву «Дитяча література». Як тут не згадати слова нашого знаного астрофізика Івана Антоновича Климишина: «Не можна калічити дітей».

В одному з найновіших *підручників* для загальноосвітніх шкіл [4] і досі йдеться про опір тіл: «Всі тіла чинять опір зміні швидкості їх руху.

У фізиці таку властивість називають інертністю». Зауважимо, що в шкільному курсі для чогось розрізняють поняття «інертність» (властивість) і «інерція» (явище).

Істинний зміст інерції (інертності) давно вже уточнений у післяньютонівській фізиці. Мабуть, першим наголосив на цьому універсальний мислитель, «людина, яка написала бібліотеку» з багатьох предметів, Яків Ісидорович Перельман [19]: «Говорячи про інерцію, часто визначають її (по-старинці) як прагнення тіл зберігати стан спокою. Але тіла не прагнуть залишатись у спокої, а просто залишаються. Різниця тут така ж, як між упертим домосідом, якого важко витягти з квартири, і людиною, яка випадково знаходиться в даний момент вдома, але готова за найменшим приводом залишити квартиру».

Невдалим є вираз про *подолання інертності* при зрушенні тіла із стану спокою зовнішньою дією. Насправді при цьому долається тертя спокою. Говорити про опірність тіла зовнішній дії має, за порівнянням Дж. Максвелла, не більше сенсу, ніж говорити про опір кавового напою «дії на нього цукру» [20] (для розчинення цукру потрібен певний проміжок часу, тим більший, чим більшу порцію цукру насипали в чашку).

Тепер – про масу. Ньютон формулював масу як міру кількості матерії в тілі. Учні в школі і, тим паче, студенти знають, що на даному етапі розвитку «понятійного апарату» фізики й хімії кількість речовини пов'язують з числом молів ν , а масу розглядають як кількісну міру інертності тіла. Про деяке збереження ньютонівського погляду на масу німецький фізик Макс Борн писав так [21]: «В побутовому розумінні слово *маса* означає дещо подібне до кількості речовини».

Звертаючись до поняття інертності, назвемо масу кількісною мірою цієї властивості (саме в цьому розумінні маса фігурує в формулі 2-го закону Ньютона). Додамо, що в ньютонівській теорії гравітації маса виступає як міра здатності тіл до гравітаційної взаємодії.

Будь-яке тіло не може бути приведене в рух миттєво. Для набуття тілом певного прискорення під дією зовнішньої сили потрібен певний проміжок часу, тим більший, чим більша маса тіла. Саме в цьому й полягає інертність. Замість розмов про якусь природну таємничу «упертість» тіл треба розглянути формулу 2-го закону Ньютона в «імпульсній формі», що приведе до такого висновку: щоб відбулася зміна імпульсу тіла під дією деякої певної сили, потрібен проміжок часу, прямо пропорційний масі тіла. Зробимо це:

$$d(mv)=Fdt; \quad mdv=Fdt; \quad dt \sim m.$$

(Якщо під дією двох однакових сил потрібно забезпечити двом тілам різної маси однакові прирости швидкостей, то для тіла більшої маси потрібний більший проміжок часу).

Тривалий час (а іноді й тепер) у навчальній літературі і в популяризаторських виданнях крім «інертної маси» розглядалась ще одна маса, – релятивістська. При цьому ньютонівську масу називали масою спокою m_0 і писали формулу:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

На жаль, так зроблено і в [22]. Але в науковій літературі давно розглядається лише одна маса, яка є інваріантом стосовно перетворень Лоренца. «Гучно» нагадав про це фізик-теоретик, академік РАН Лев Борисович Окунь [23] (якого Л. Д. Ландау відносив до десятка найталановитіших фізиків колишнього Радянського Союзу). Але, на жаль, «інертність мислення» заважає і деяким авторам посібників, і деяким викладачам рішуче позбавитись від архаїчних понять. Взірцями «неінертного» ставлення до проблеми маси були І. І. Біленко і І. В. Савельєв. І. І. Біленко при перевиданні [6] повністю замінив у [7] розділ «Відносності теорія» і розділ «Фотон». Видатний викладач фізики І. В. Савельєв протягом кількох десятків років удосконалював свій знаменитий «Курс фізики». З приводу перевидання «Курсу фізики» у 1986 р. І. В. Савельєв написав Л. Б. Окуню [24]: «В новому виданні немає релятивістської маси. Ця книга затверджена як підручник і видана масовим накладом. Таким чином, в основній навчальній літературі з фізики для *ВТНЗ* тепер релятивістської маси не буде». В підручнику І. В. Савельєва (ч. 1), про який він писав Л. Б. Окуню, говориться: «Так звану релятивістську масу ми не розглядаємо, бо її поняття не адекватне сутності теорії відносності і лише затуманює її зміст».

Автору даної публікації сумно, що прибічники «масового плюралізму» (чи прихильники Храпка, див. [24]) є і серед учасників наших конференцій. Приклад: у збірнику праць конференції 2010 року на с. 258 написано: «Поняття маси в релятивістській механіці є широким і *надзвичайно* цікавим» (а Л. Б. Окунь і І. В. Савельєв «необачно викинули» релятивістську масу!).

Цікаве зауваження в [24] щодо шкідливості одночасного використання і сучасних, і архаїчних позначень та термінів: це «нагадує про марсіанський зонд, який розбився через те, що одна з фірм, яка брала участь у його створенні, використовувала дюйми, в той час як останні метричну систему.»

В сучасній молекулярній фізиці *моль* (одиниця кількості речовини) – одна з основних одиниць СІ. Визначення моля спирається на український варіант таблиці Менделєєва і формулюється так: «Моль – це така кількість речовини, яка містить стільки ж специфічних для цієї речовини

структурних складових (атомів, молекул чи йонів), скільки міститься атомів у 0,012 кг *вуглецю*». Українські хіміки-«стандартотворці» у своїх намаганнях «дистанціюватись» від росіян наводять у більшості клітинок періодичної системи по 2 вирази: для атомів і для речовин. Перші з виразів максимально наближені до латинських, наприклад: Гідроген (а речовина – водень); Оксиген (речовина – кисень); Купрум (речовина – мідь); Карбон (речовина – *вуглець*). Але *такої* речовини, утвореної з атомів карбону, немає. Пояснимо це твердження.

З атомів *Карбону*, тобто хімічного елементу $^{12}_6\text{C}$ (рос. – «углерода»), можуть утворюватись такі речовини: графіт, алмаз, карбін, фуллерен, графен. Як бачимо, серед цих речовин (природних і синтезованих) *вуглець* відсутній. Коротко охарактеризуємо деякі «карбонні» речовини, щоб «порекомендувати» *стандартизаторам* (якби їм це було потрібно), про 12 грамів якої речовини треба говорити.

Найвідомішими «пересічним громадянам» речовинами з Карбону є графіт і алмаз. Всі знають, що в більшості «простих» олівців серцевина графітова. Матеріал ковзних щіток, якими дотикаються тролейбусні штанги до дротів електричного живлення, виготовлений на основі графіту. Надчистим графітом є синтетичний матеріал-сповільнювач нейтронів у ядерних реакторах (сумно відомий на прикладі Чорнобилю). Здатність графіту залишати на папері сліди (і можливість використання «сухого мастила» з графітового порошку) зумовлена структурою графіту (рис. 3в). Відстані між атомами Карбону в шестикутних основах елементарної комірки графіту (в межах площини *A* на рисунку) значно менші, ніж взаємні відстані між атомами площин *A* і *B*. Ця слабкість між-атомних зв'язків площин *A* і *B* дозволяє їм легко ковзати одна відносно одної, а також зумовлює електропровідність графіту, в якому є немов би вільні електрони. На рис. 3а елементарна комірка графіту зображена неправильно [3] (тут між основами немає зсунутої проміжної атомної площини і неправильно зображено співвідношення розмірів сторони основи комірки і висоти комірки). В цьому ж полягає і неправильність схеми на рис. 3б [25].

Форма кристалічної ґратки алмазу значно складніша і нас не цікавить, оскільки алмаз не може претендувати на роль еталона для моля (вже хоча б тому, що від кристалу алмазу, навіть синтетичного, важко відділити шматочок потрібної маси). Отже: визначення поняття «моль» доцільно пов'язувати з *графітом*, а не з «вуглецем».

Часто автори недбало ставляться до історії відкриттів, мимоволі замовчуючи роль їх справжніх авторів. Наприклад, пишуть [26], що «Карно вивів формулу ККД циклу ідеальної теплової машини», хоча зробив це Б. Клапейрон [27]. Без сумніву, що С. Карно (Саді, саме це з 3-х імен

Карно широко вживане при скороченнях, хоча в [28] написано *Н. Карно*, від *Нікола*, але його батька, теж ученого, звали *Лазар Нікола*) в своїй роботі «Роздуми про рухаючу силу вогню і про машини, здатні розвивати цю силу» [27] фактично заклав основи майбутньої термодинаміки. Але дуже велику роль у становленні термодинаміки відіграв і Б. Клапейрон. Саме він розвинув ідеї Карно, надавши їм доступної *математичної* форми, попередньо розробивши графічний метод зображення теплових процесів.

При графічному зображенні циклу Карно треба слідкувати, щоб пара ізотерм і пара адіабат не здавались «паралельними», а точніше – *еквідистантними*), як це виявилось в [29, 30], рис. 4а (адже різні ізотерми «непаралельні», рис. 4б, [31]. Зображення циклу Карно в [32] (рис. 4в) більш вдале, ніж на рис. 4а.

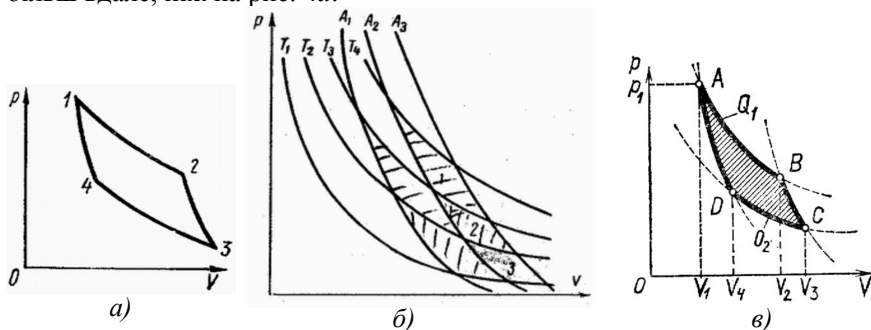


Рис. 4. Схеми циклів Карно

Далі – щодо струму в газі. В [33] стверджується, що ділянка 3-4 вольт-амперної характеристики газового розряду (рис. 5а) 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. Деталі кривої, зображеної на рис. 5б, аналізувались в [34]. Автор даної публікації відзначав, що цей рисунок являє собою «перевернутий» рисунок з [35] (див. рис. 5в). Початкова частина рис. 5б наведена в [36], після чого точнісінько такий рисунок з'явився в [25], без будь-яких посилань на першоджерела.

Подібне «творче запозичення» зроблене в [25] і стосовно дефекту мас (рис. 6). В [36] рис. 6б був удосконаленням рисунка 6а з [37]. Це

удосконалення полягало в тому, що на лівій шальці терезів позиції (б) зображено і протони, і нейтрони, а в позиції (а) – лише протони, що не відповідає «нуклонному складу» правої шальки терезів. Рис. 6б – «саморобний», тобто ніде, крім [36], такого рисунка не було, доки його «мовчки» не використав Гандзій (рис. 6в). Принагідно згадаємо, що в цивілізованих країнах посилення на «інтелектуальну власність» попередників обов'язкове для авторів (іноді ще й одержується дозвіл таких попередників на використання їх розробок).

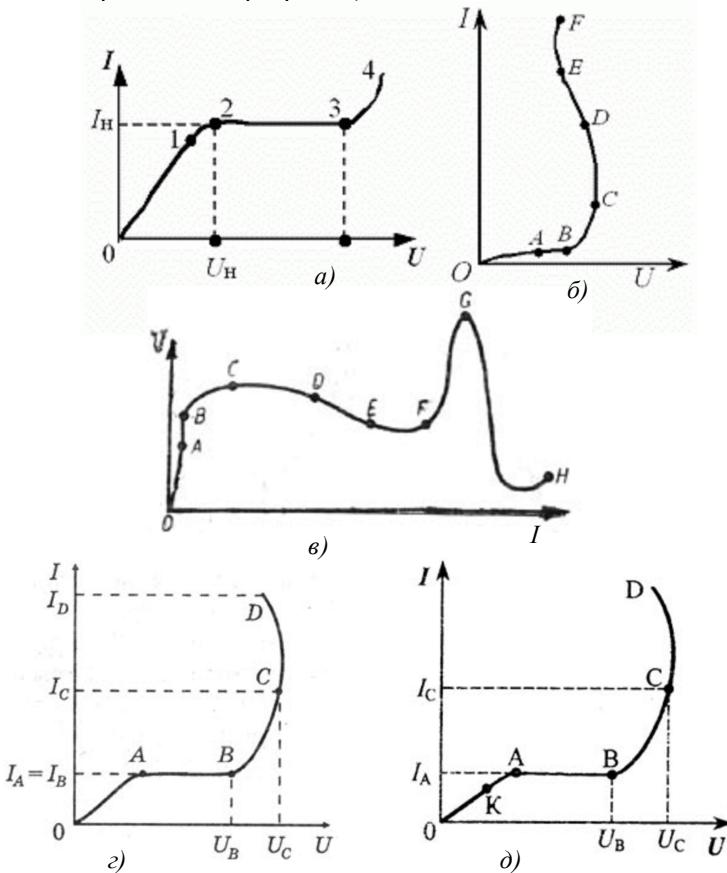


Рис. 5. Вольт-амперні характеристики газового розряду:
 а) несамостійного розряду; б), в) повна характеристика розряду;
 г), д) початкова стадія самостійного розряду

Багато розмов було про історію відкриття X-променів. Чомусь у всіх шкільних підручниках (принаймні протягом останніх 60 років) про це

відкриття всі автори підручників писали неправильно (з точки зору фізики, а не історії). В підручнику професора О. В. Пьоришкіна [38] (цей підручник витримав не менше 20 видань, то ж можна було внести корективи) було написано так: «У 1895 р. німецький учений Рентген *помітив*, що при зустрічі потоку швидких *електронів* з металом...». Тут два негаразди: 1) на той час електрон ще не було відкрито; 2) яким чином в принципі Рентген міг би «помітити» згадану в підручнику «зустріч»? В [39] читаємо: «У 1895 р. німецький фізик В. Рентген відкрив існування електромагнітних хвиль, коротших за ультрафіолетові». Але ж те, що X-промені дійсно є електромагнітними хвилями, стало відомо (завдяки Макс фон Лауе) тільки через 17 років після відкриття Рентгена, отже, в 1895 р. Рентген не міг цього знати; така ж невідповідність і в сучасному підручнику [40], де говориться, що Рентген у 1895 р. першим повідомив «про відкриття нового виду електромагнітного випромінювання»; в [41] розповідається, що, після виявлення факту псування фотопластинок поблизу розрядної трубки, Рентген *обгорнув* розрядну трубку папером, змоченим розчином платиносинеродистого барію, але не так було насправді при відкритті X-променів. Остання версія начебто «вигідно» характеризує Рентгена, але це – легенда. До Рентгена декілька дослідників помічали негаразди з фотопластинками, але Рентген, як і вони, не мав наміру розібратись у причині цього явища. Велике відкриття Рентгена дійсно було зроблене випадково (тобто він «не шукав» нове випромінювання), але цей факт ніяк не зменшує роль і заслуги Рентгена. Про *щасливі знахідки цінних речей там, де їх не шукають*, дуже цікаво розповідається в [42] (глава «Серендипіті»). Зокрема, про випадок з Рентгеном говориться так: «Коли вночі «серендипіті» постукало до його лабораторії, він відпрацював цей подарунок долі, не виходячи з лабораторії протягом 50 діб». І ще: «Далеко не кожен учений, почувши тихий таємничий стукіт у двері, шанобливо відчиняє їх неочікуваній гості».



Рис. 6. Умовні моделі, що пояснюють поняття “дефект мас”

Зупинимось на питаннях, пов’язаних з надзвичайно важливим «ін-

струментом» хімії – Періодичною системою елементів (не називаючи її іменем Д. І. Менделєєва, бо йтиметься про останні елементи таблиці, які були ще невідомі Менделєєву і відкриваються тепер в основному фізиками, а не хіміками). Підручники з хімії вмщують таблицю Періодичної системи у вигляді вклейок. В підручнику для 11-го класу [43] елемент з порядковим номером 108 позначено в таблиці як *Hs* (Гасій), а в 9-му і 10-му класах [44; 45] – як *Hn* (Ганій), «нерозбериха». Методично виправдано було б наводити в підручниках пояснення походження назв елементів, як це зроблено в [46] для Полонію і Радію.

Розберемось у ситуації без хіміків. Синтезований фізиками 108-й елемент передує елементу ^{109}Mt (Майтнерій), названого на честь австрійського фізика Лізе Мейтнер (чи Майтнер). Вона відкрила декілька радіоактивних елементів, працюючи разом з німецьким фізиком на прізвище Ган. Начебто логічно було б назвати 108-й елемент Ганієм на честь Отто Гана, проте не все так просто.

В Радянському Союзі (тепер – в Росії) в підмосковному місті Дубна знаходиться міжнародний науковий центр – Об'єднаний інститут ядерних досліджень. В одній з його лабораторій, лабораторії ядерних реакцій, під керівництвом академіка Г. М. Фльорова було синтезовано декілька трансуранових (важчих за уран) хімічних елементів. Подібною роботою займаються також в Німеччині (місто Дармштадт на території так званої Землі Гессен) і в місті Берклі (США). Були випадки, коли про синтез якогось нового елементу повідомляли одночасно різні лабораторії, які пропонували свої назви цим елементам. Так, 105-й елемент, який зараз має назву *Дубній* (на честь Дубни), спочатку називали хто – Нільсборієм, хто – Ганієм. Сучасна назва 108-го елемента – все ж таки Гасій (чи навіть Хасій, див. [47]). Таку назву він одержав на честь Землі Гессен (*Hessen*), оскільки було визнано пріоритет німецької (а не російської) лабораторії в його найпершому синтезуванні. Право присвоювати загальноприйняті назви новим елементам належить спеціальній міжнародній комісії, до складу якої входять 20 експертів з 12 країн.

Зараз спостерігається «пошук видатних українців», при цьому навіть «неслов'янин» Ісаак Померанчук, ще й уродженець Варшави, проголошується «видатним українським фізиком» [48] (на тій підставі, що він протягом кількох місяців мешкав у Харкові – як аспірант Л. Д. Ландау). Значно більше прав на «українство» у І. В. Савельєва. Він – уродженець Куп'янщини, після закінчення Харківського університету (в 1938 р.) працював в УФТІ (Харків) і в лютому 1941 р. захистив дисертацію. Потім він брав участь в охороні Москви від фашистських бомбардувальників, після війни працював у рамках Атомного проекту, отримавши (в 1952 р.) за свої роботи ступінь доктора фіз.-мат. наук. Десятки

тисяч студентів вивчали загальну фізику за підручником Савельєва, який удосконалювався автором протягом 35 років.

Між іншим, через 10 років після того, як І. В. Савельєв пішов з життя, його син перевидав 3-томний «Курс фізики» («за загальною редакцією В. І. Савельєва») [49], але змін тексту видання 1986 р. ми не виявили. Невелику кількість недоліків «батьківського видання» син не усунув (хоча повинен був це зробити з поваги до світлої пам'яті Ігоря Володимировича). Наведемо кілька з них. Загальноживана заміна диференціала d перед позначеннями нескінченно малих кількості теплоти і роботи на δ -функцію І. В. Савельєву здалась чомусь небажаною, і він увів в одному з параграфів розділу «Молекулярна фізика» «штрихований» диференціал d' (хоча це схоже на символ похідної), але в інших параграфах цього тому, як і в інших томах посібника, про цей штрих було забуто. (Загальноживана позначка δ чомусь не сподобалась і автору [50], який скористався «хорватською буквою» d')

Антиферомагнетики за магнітними властивостями уподібнені в [49] лише слабким *парамагнетикам*, хоча сильномагнітні речовини – ферити – відносяться до класу незкомпенсованих *антиферомагнетиків*. Сильну взаємодію в ядерній фізиці Савельєви пов'язують («по-старовинному») з піонами, а не з глюонами. До речі, згаданих недоліків немає в одному з найкращих посібників [8].

Література

1. Климишин І. А. Історія астрономії / І. А. Климишин. – Івано-Франківськ : Плай, 2000. – 651 с.
2. Климишин І. А. Історія астрономії. – 2-ге, виправлене видання / І. А. Климишин. – Івано-Франківськ : Гостинець, 2006. – 651 с.
3. Соколович Ю. А. Физика : учебно-практический справочник / Ю. А. Соколович, А. С. Богданова. – Харьков : Ранок, 1999. – 208 с.
4. Божинова Ф. Я. Физика (8-й кл.) / Божинова Ф. Я., Ненашев И. Ю., Кирюхин Н. М. – Харьков : Ранок, 2008. – 256 с.
5. Касаткина И. Л. Репетитор по физике. Теория / И. Л. Касаткина. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. – 444 с.
6. Біленко І. І. Фізичний словник / І. І. Біленко. – К. : Вища шк., 1979. – 336 с.
7. Біленко І. І. Фізичний словник / І. І. Біленко. – К. : Вища шк., 1993. – 319 с.
8. Детлаф А. А. Курс физики : учеб. пособие для вузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 4-е изд., испр. – М. : Высш.шк., 2000. – 718 с.
9. Грибов Л. А. Основы физики : учеб. для студентов естеств.-науч. направлений вузов / Л. А. Грибов, Н. И. Прокофьева. – 3-е изд. – М. :

- Гардарика, 1998. – 558 с.
10. Чолпан П. П. Фізика : підруч. для студ. природн. ф-тів ун-тів і пед. ін-тів / П. П. Чолпан ; [ред. Л.М.Орішич]. – К. : Вища шк., 2003. – 566 с.
 11. Крот Ю. Є. Деякі маловідомі факти з історії фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2004. – Том 2. – С. 221–240.
 12. Краткая Российская энциклопедия : в 3 т. – Т. 2: / Сост. В. М. Карев. – М. : Большая Российская энциклопедия, ОНИКС 21 век, 2003. – 1135 с.
 13. Гудименко Ф. С. Вища математика. – К. : Вид. КДУ, 1964. – 380 с.
 14. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике / Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. – М. : Мир, 1966. – Т. 6 – 342 с.
 15. Ньютон И. Математические начала натуральной философии / Исаак Ньютон ; под ред. и с предисл. Л. С. Полака ; пер. с латинского и коммент. А. Н. Крылова ; пер. с латинского предметного указ., сост. именного указ. и прил. С. Р. Филоновича. – 3-е изд. – М. : URSS : Изд-во ЛКИ, 2008. – 687 с. – (Классики науки).
 16. Гулиа Н. В. Инерция / Н. В. Гулиа. – М. : Наука, 1982. – 152 с. – (Наука и технический прогресс)
 17. Роуэлл Г. Физика / Г. Роуэлл, С. Герберт. – М. : Просвещение, 1994. – 576 с.
 18. Анфилов Г. Б. Бегство от удивлений / Глеб Анфилов. – М. : Детская литература, 1974. – 288 с.
 19. Перельман Я.И. Занимательная механика. Знаете ли вы физику? / Я. И. Перельман. – М. : АСТ, 2007. – 462 с.
 20. Гончаренко С. У. Фізика для допитливих : механіка / С. У. Гончаренко. – К., 1970. – 275 с.
 21. Борн М. Эйнштейновская теория относительности / Макс Борн. – М. : Мир, 1964. – 368 с.
 22. Кучерук І. М. Загальний курс фізики : у 3-х томах : навч. посіб. / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук. – К. : Техніка, 1999. – Т. 3 : Оптика. Квантова фізика. – 1999. – 518 с.
 23. Окунь Л. Б. Понятие массы (масса, энергия, относительность) / Л. Б. Окунь // Успехи физических наук. – 1989. – Т. 158, вып. 3. – С. 511–530.
 24. Окунь Л. Б. О письме Р. И. Храпко «Что есть масса?» / Л. Б. Окунь // Успехи физических наук. – 2000. – Т. 170, вып. 12. – С. 1363–1366.
 25. Гандзій Р. Я. Конспекти з фізики / Р. Я. Гандзій. – Тернопіль : Астон, 2002. – 144 с.
 26. Коршак Є. В. Фізика. 10 клас : підручник для загальноосвітніх на-

- вчальних закладів / Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф. – К. : Ірпінь, 2005. – 290 с.
27. Кошманов В. В. Карно, Клапейрон, Клаузиус / В. В. Кошманов. – М. : Просвещение, 1985. – 96 с. – (Люди науки).
 28. Храмов Ю. А. Физики : биографический справочник / Ю. А. Храмов. – М. : Наука, 1983. – 400 с.
 29. Китайгородский А. И. Введение в физику / А. И. Китайгородский. – М.: Физматгиз, 1959. – 704 с.
 30. Курс физики / Луцик П. П., Литевчук Д. П., Миненко И. Л. – К. : Вища шк., 1978. – 318 с.
 31. Телеснин Р. В. Молекулярная физика : учебное пособие / Р. В. Телеснин. – М. : Высш. шк., 1965. – 298 с.
 32. Дмитренко Г. В. Физика, Ч. 1. Механика / Г. В. Дмитренко, Н. Л. Козлова : учеб. пособие для иностр. граждан, обучающихся на подгот. фак. высш. учеб. заведений, Ч. 2. Молекулярная физика и теплота / Г. В. Дмитренко, Н. Л. Козлова. – 2-е изд., перераб. – К. : Вища шк., 1976. – 384 с.
 33. Буховцев Б. Б. Физика. 9-й класс / Б. Б. Буховцев, Ю. Л. Климонтович, Г. Я. Мякишев. – М. : Просвещение, 1988. – 270 с.
 34. 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.
 35. Розенберг Н. М. Фізичні основи електроніки : посібник для вчителів і студентів пед. вузів / Н. М. Розенберг. – К. : Рад.школа, 1970. – 280 с.
 36. Крот Ю. Є. Фізика у визначеннях, таблицях і схемах : довідковий посібник для учнів 7-11 кл. / Ю. Є. Крот. – 3-тє вид., перероб. – Харків : Ранок : Веста, 2006. – 112 с.
 37. Эллиот Л. Физика / Л. Эллиот, У. Уилкокс. – М. : Наука, 1967. – 808 с.
 38. Перишкин А. В. Курс физики : учеб. для сред. шк. / А. В. Перишкин. – Ч. 3. – М.: Просвещение, 1971. – 382 с.
 39. Гончаренко С. У. Фізика : 11 клас : пробний навчальний посібник для шкіл 3-го ступня, гімназій, і ліцеїв гуманітарного профілю / Гончаренко С. У. – К. : Освіта, 1995. – 287 с.
 40. Коршак Є. В. Фізика. 11 клас : підручник для загальноосвітніх навчальних закладів / Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф. – К. : Ірпінь, 2004. – 288 с.
 41. Мякишев Г. Я. Физика. 10-й класс / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. – М. : Просвещение, 1987. – 312 с.

42. Азерников В. З. Физика. Великие открытия / Азерников В. З. – М. : Олма-Пресс, 2000. – 270 с.
43. Буринська Н. М., Величко Л. П. Хімія (11-й кл.). – К. : Перун, 1999.
44. Буринська Н. М. Хімія (9-й кл.). – К. : Перун, 2000.
45. Буринська Н. М., Величко Л. П. Хімія (10-й кл.). – К. : Перун, 1999.
46. Глинка Н. Л. Общая химия / Н. Л. Глинка. – 24-е изд., испр. – Л. : Химия, 1985. – 702с.
47. Бережной Ю. А. Як школяру розповісти про атомні ядра / Бережной Ю. А., Бичкова Н. М. – Харків : Основа, 2011. – 111 с.
48. Шут М. І. Історія фізичних досліджень в Україні / Шут М., Благодаренко Л., Андріанов В. // Шкільний світ. – 2008. – №4. – С. 30.
49. Савельев И. В. Курс общей физики / И.В.Савельев ; под общ. ред. В. И. Савельева. – М. : Кнорус, 2009. – Т. 1 – 528 с., т. 2 – 576 с., т. 3 – 368 с.
50. Радченко И. В. Молекулярная физика / И. В. Радченко. – М. : Физматгиз, 1965. – 479 с.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНО-ОРІЄНТОВАНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ

О. С. Кузьменко

Україна, м. Кіровоград, Кіровоградська льотна академія
Національного авіаційного університету
Kuzimenko12@gmail.com

Розвиток науки і техніки потребує постійного вдосконалення методів і змісту навчання. Однією із нагальних проблем сьогодення є пошук шляхів інтенсифікації пізнавальної діяльності, створення стимулюючого середовища для її суб'єктів.

Найбільш перспективним напрямком удосконалення процесу навчання є використання інформаційно-комунікаційних технологій. У наш час ми маємо можливість використовувати різні методики навчання фізики з напрямками використання комп'ютерного моделювання, які висвітлені в роботах О. Бугайова, С. Величка, М. Жалдака, Ю. Жука, О. Іваницького, В. Ковалю, Н. Мислицької, Н. Сосницької, М. Садового, В. Сумського, І. Теплицького, М. Шута.

Еволюційний розвиток комп'ютерних технологій дозволив успішно застосовувати їх за такими напрямками навчальної діяльності:

1) використання довідниково-інформаційних та експертних систем із застосуванням комп'ютерної техніки для зберігання інформації, пошуку і часткової її інтерпретації;

2) створення математичних моделей фізичних явищ (сучасні електронні засоби дозволяють гармонійно поєднати дидактичні принципи з науковістю матеріалу, зрозуміло описувати експеримент і відтворювати досліджуване фізичне явище у довільному масштабі часу, проводити імітаційне моделювання явищ, недоступних для класичних методів спостереження, таких, як процеси мікросвіту, космосу та ін.);

3) здійснення оперативного контролю навчального процесу засобом використання тестуючих комп'ютерних системи з подальшим збереженням результатів опитувань, можливістю їх обробки та кумулятивною оцінкою знань;

4) поєднання реального та віртуального фізичного експерименту.

Прикладні програмні продукти, що використовуються в навчальному процесі, повинні мати такі *властивості*: максимальну доступність для користувачів (викладачів, студентів, учнів), які за фахом не є програмістами; простий у користуванні інтерфейс, що забезпечував би однакову зручність у роботі з програмою як за допомогою, так і за допомо-

гою клавіатури; реалізацію широких можливостей комп'ютера для надання навчального матеріалу, тобто наявність текстового і графічного зображення, статичних і динамічних форм, кольорового і звукового супроводу; можливість вибору ступеня складності та складу навчального матеріалу у зв'язку з потребами рівневої диференціації та профільності навчання користувачів прикладного програмного забезпечення; наявність необхідного набору сервісних функцій з оперативного копіювання, збереження й опрацювання навчальної інформації; відкритість для доповнення іншими програмними засобами, що забезпечувало б адаптацію до конкретних умов навчання; відповідність усім сучасним дидактичним вимогам до програмного забезпечення певного типу; забезпечення можливості роботи як у локальній мережі з централізованим збереженням результатів обробки інформації, так і на окремих, не поєднаних між собою засобами зв'язку, комп'ютерах; врахування ергономічних особливостей, а також наявність україномовного інтерфейсу.

Застосування комп'ютерної техніки з дотриманням зазначених вимог здатне значно підвищити продуктивність праці учасників педагогічної діяльності за рахунок високоякісної передачі навчального матеріалу, концентрації уваги на вузлових моментах навчального матеріалу, і водночас зменшити непродуктивні втрати сил та часу на пошук, обробку, сприймання і засвоєння інформації. Нині розроблені пакети прикладних програм орієнтовано як на групову роботу під час лекційних, практичних і лабораторних занять, так і на позааудиторну роботу учня (студента).

Специфікою лекційних занять з фізики є необхідність досить часто використовувати наочність як у вигляді стаціонарних її форм (графіків, рисунків, схем та ін.), так і в динаміці, наприклад, лекційні експерименти тощо. За допомогою ЕОМ із спеціальним проектором легко можна показувати досліди, проведення яких ускладнено чи то громіздкістю необхідної апаратури (наприклад, дослід Фізо із зубчастим колесом стосовно дослідження швидкості світла).

Застосування комп'ютерної техніки під час проведення практичних занять дозволило підвищити індивідуалізацію групових завдань, оскільки окремі суб'єкти навчальної діяльності були майже незалежними щодо вибору темпу сприймання, обробки та засвоєння інформації. Індивідуальний підхід до студентів виявлявся також у динамічній зміні складності поставлених перед ними завдань. Таку зміну забезпечували так звані «тренажери», які проводять спілкування зі студентом у діалоговому режимі. Метод тренінгу заснований на гармонійному поєднанні системи завдань і теоретичного матеріалу, потрібного для їх виконання. Залежно від того, наскільки правильно студент відповідав на поставлене

Йому запитання, така програма автоматично оцінювала засвоєння ним знань, і, у разі потреби, надавала можливість ознайомитись з незасвоєним матеріалом, чи пропонувала нове завдання. Завдяки такому підходу до розв'язування задач, або відповідей на теоретичні запитання робився акцент саме на тому матеріалі, який був гірше засвоєний, а добре засвоєний матеріал лише закріплювався.

Використання ЕОМ дало можливість створити віртуальну лабораторію, яка дозволила проводити лабораторні роботи (вибирати роботу, змінювати параметри під час її проведення, користуючись при цьому електронними моделями лабораторного устаткування). Виконання віртуальних лабораторних робіт сприяло не тільки підвищенню рівня засвоєння студентом відповідного навчального матеріалу, а й підвищенню рівня безпеки проведення робіт із реальними приладами. Це досягається за допомогою візуалізації наслідків недотримання вимог техніки безпеки.

Неодмінна складова частина цілісної системи навчання - самостійна робота. Цей вид діяльності дозволяє використовувати всі зазначені типи програмного забезпечення навчального процесу. Крім прикладного програмного забезпечення, доцільно використовувати банки даних із різними рефератами, науковими роботами в мережі Internet. Посиленню зворотного зв'язку між учасниками навчального процесу сприяє автоматизоване тестове опитування. Вимоги до системи автоматизованого тестового контролю: максимальна зрозумілість інтерфейсу і простота роботи з програмою; можливість одночасного тестування у локальній мережі; наявність засобів для оперативної обробки і аналізу тесту; зручність роботи за допомогою клавіатури та «миші»; можливість друкування результатів тестування для подальшої усної співбесіди; універсальність відносно навчальних дисциплін тощо.

Одна з універсальних автоматизованих систем – розроблений нами тестовий комплекс «Оптика», що надає можливість створювати тести будь-якої тематики та володіє наступними можливостями: відсутність обмежень на число питань усередині тесту, підтримка до 255 варіантів відповідей; чотири різних типи підтримуваних питань у тесті: 1) питання з вибором одного з запропонованих варіантів; 2) питання з вибором декількох варіантів з числа представлених; 3) питання з розміщенням варіантів у потрібній послідовності; 4) питання з уведенням потрібної відповіді з клавіатури; індивідуальне настроювання пріоритетів для кожного питання і варіанта відповіді (пріоритет визначає нарахування балів); 5) можливість застосування до кожного з питань індивідуальних тимчасових обмежень, а також глобальних обмежень на весь тест; 6) можливість індивідуального настроювання кожного окремо; 7) захист

файлу з тестом паролем; 8) застосування механізму стиску інформації усередині файлу тесту для більш компактного збереження; 9) можливість вставляти в питання й у варіанти відповідей, малюнки (bmp, jpg, wmf), звуки (wav, midi, mp3), відео (avi, mpeg), формули Microsoft Equation, а також будь-яку OLE-графіку (діаграми Microsoft Excel, будь-який уривок документа Microsoft Word і ін.); 10) підтримка експорту тесту в текстовий файл або файл електронних таблиць Microsoft Excel для зручності виправлення; 11) відредагований документ можна потім імпортувати назад; 12) можливість створення тестів, що самовиконуються, тобто генерування EXE-файлів, здатних запускатися самостійно на комп'ютерах без установленної комп'ютерно-тестової системи Net [4].

Інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) займають вагоме місце у навчальному процесі. Їх роль із широким упровадженням комп'ютерної техніки і надалі буде зростати та набувати значного впливу на діяльність учасників навчально-виховного процесу. Сьогодні без перебільшення слід назвати революційним напрям автоматизації та комп'ютеризації, який стосується всіх сфер діяльності людини. Але на противагу цьому в школі, вивчаючи фізику учні користуються часто лише лінійкою і механічним секундоміром для вимірювання таких фізичних величин, як миттєве переміщення, малі проміжки часу тощо, що із необхідною точністю виконати за таких умов неможливо. Застарілість методів і форм гальмує розвиток інтересів і творчих здібностей, формування необхідних вмінь і навичок та загалом політехнічного світогляду. Формування практичних вмінь і навичок учнів у процесі навчання фізики повинно пов'язуватись із розумінням фізичних основ роботи і, відповідно, використанням автоматичних пристроїв та функціональних вузлів електронно-обчислювальної техніки не лише для виконання демонстрацій, а й експериментальних завдань. Водночас матеріальна забезпеченість фізичних кабінетів не відповідає сучасним вимогам, відстає від зростаючих потреб.

Практика свідчить, що зміст питань автоматизації і комп'ютеризації виробництва як одного із основних напрямів науково-технічного прогресу потребує перегляду позиції стосовно ознайомлення учнів з фізичними основами будови і дії ЕОМ з метою формування цілісних уявлень і ефективного використання в індивідуальній експериментальній роботі, для формування політехнічного світогляду. А оскільки відповідний навчальний матеріал з політехнічним змістом порівняно об'ємний, опанування ним потрібно здійснювати і в позаурочний час. Отже, для належного забезпечення навчального процесу в школах необхідно розробити таке обладнання і засоби наочності, які можна було б використовувати

як на уроках, так і під час індивідуальної позаурочної роботи учнів. Розроблені нами наочні засоби використовуються в навчально-виховному процесі з фізики для учнів та майбутніх вчителів під час демонстрацій, лабораторних робіт, виконання експериментальних задач [4; 5]. Це сприяє підвищенню якості і досконалості цих форм навчального процесу та проведенню позааудиторної роботи. При цьому забезпечується: достатня ілюстративність пристрою або установки; естетична привабливість демонстрованого пристрою або установки, їх окремих вузлів; відносна простота маніпуляцій під час проведення експерименту; масовість проведення експериментальних завдань, багатократність дій, можливість повторного проведення; перехід від електричних схем до реальних елементів, швидке запам'ятовування умовних позначень тощо.

Оскільки демонстраційних дослідів і лабораторних робіт, передбачених програмою, недостатньо для ознайомлення з теоретичним матеріалом і практичним застосуванням одержаних знань, то використання розроблених нами засобів інформаційно-комунікаційних технологій дозволяє: доводити до учнів і майбутніх учителів повнішу і точнішу інформацію про використання фізичного матеріалу в техніці, на виробництві, в побуті; глибше вивчати складніші питання шкільного курсу фізики [6].

Удосконалення і розвиток навчального фізичного експерименту мають здійснюватись комплексно. Високий рівень вивчення фізики зумовлений удосконаленням існуючих та пошуком нових методів і засобів навчання. Один із конструктивних принципів побудови шкільного курсу фізики за сучасною концепцією – розроблення педагогічних програмних засобів для використання на уроках фізики відео- та комп'ютерної техніки. Спрямованість навчання фізики на використання ІКТ як високо-ефективного засобу навчання не лише забезпечує підвищення рівня професійної підготовки майбутніх вчителів, але й істотно впливає на їх мотиваційну сферу, зумовлюючи формування пріоритетних професійних і навчально-пізнавальних мотивів вивчення загальної фізики, що забезпечують успішність оволодіння професійними знаннями і вміннями.

Отже, комп'ютерне моделювання набирає все більших обсягів у наукових дослідженнях найрізноманітніших галузей науки, і як наслідок поступово зростає його значення у навчальному процесі. Але нерідко вчителі загальноосвітніх навчальних закладів та й викладачі ВНЗ по-різному розуміють зміст терміну «комп'ютерне моделювання». Досить часто під ним розуміють імітацію деякого фізичного процесу, отримання графіків і рисунків за допомогою готових аналітичних формул. У результаті такого підходу навчальний процес ускладнюється, що характеризується збільшенням часу на його підготовку і зміною рівня пізнава-

льної активності учнів та студентів. Метою комп'ютерного моделювання має бути отримання унікального результату, якого не можна досягти традиційними методами і засобами навчання за незмінного рівня активності учнів. Комп'ютерна модель має бути не лише формальною заміною реальних фізичних об'єктів і процесів, а й передбачити отримання нових результатів, властивостей об'єкта. Обчислювальне середовище в усьому світі змінюється дуже швидко, і водночас розширюються наші уявлення про сфери застосовності комп'ютерів.

Перспективи подальших пошуків полягають у розробці комп'ютерних моделей фізичних процесів і явищ, що значно підвищить якість засвоєння навчального матеріалу.

Література

1. Аванесов В.С. Композиция тестовых заданий : учеб. книга / Аванесов В. С. – 3 изд. – М. : Центр тестирования, 2002. – 240 с.
2. Гуралюк А. Г. Деякі аспекти застосування інноваційних технологій навчання фізики / А. Г. Гуралюк, В. П. Сергієнко // Збірник наукових праць Херсонського державного педагогічного університету. Педагогічні науки. – Херсон : Айлант, 2000. – Вип. 15. – С. 101-106.
3. Демонстраційний експеримент з фізики : навчальний посібник / М. І. Шут, В. Ю. Биков, В. П. Сергієнко та ін. ; за ред. М. І. Шута, В. Ю. Бикова. – К. : Просвіта, 2003. – 234 с.
4. Кузьменко О. С. Використання інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні оптики в профільній школі: посібник для вчителів фізики / Кузьменко О. С. ; за ред. проф. С. П. Величка. – Херсон : Айлант, 2010. – 60 с.
5. Величко С. П. Сучасні технології у фізичному експериментуванні з оптики : [навчальний посібник для вчителів] / С. П. Величко, О. С. Кузьменко. – Кіровоград : Центр оперативної поліграфії „Авангард”, 2009. – 164 с.
6. Савченко Н. Е. Ошибки на вступительных экзаменах по физике / Н. Е. Савченко. – Мн. : Высшая школа, 1992. - 368 с.

О НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ В ОБЩЕМ КУРСЕ ФИЗИКИ

В. А. Летьго

Украина, г. Харьков, Харьковский национальный университет
им. В. Н. Каразина

В учебных пособиях по электричеству и магнетизму, предназначенных для студентов физических и технических специальностей высших учебных заведений, традиционно рассматриваются примеры электростатических систем, которые являются безграничными и имеют бесконечно большой по величине электрический заряд. К их примеру следует отнести, например, бесконечную прямолинейную нить [1; 3-5; 8] и плоскость [1; 2; 4-11; 14], заряженные равномерно. Нередко рассматриваются и поля бесконечных цилиндров круглого сечения, по поверхности или объему которых заряды распределены равномерно [1-3; 6; 7; 10; 11; 13; 14]. Уделяется внимание и задаче о поле безграничного и однородно заряженного плоскопараллельного слоя (например, [1; 6; 12; 13]).

Такое внимание к названным системам связано с тем, что на их примере очень наглядно можно продемонстрировать применение принципа суперпозиции и теоремы Гаусса при расчетах вектора напряженности поля. Указанные модели имеют и некоторое практическое значение. Так, например, хорошо известно, что электрическое поле вблизи центра равномерно заряженной плоской пластины правильной формы практически совпадает с полем плоскости, о которой шла речь выше. На основании этого легко рассчитать напряженность электрического поля внутри плоского конденсатора, который, как известно, нашел широкое применение в электротехнике. Электрическое поле равномерно заряженного прямолинейного отрезка в окрестности его центра близко к полю прямолинейной бесконечной нити. Это находит применение при расчетах напряженности поля внутри счетчика Гейгера-Мюллера.

Электростатические системы, названные в данной работе, по тексту ниже из соображения удобства будем называть сокращенно, а именно, нить, плоскость, цилиндр круглого сечения и так далее.

Отметим, что большинство книг по электричеству и магнетизму, рассматриваемых в данной работе, являются широко известными.

Необходимо подчеркнуть, что обычно в учебных пособиях расчет напряженности электрического поля указанных моделей тем или иным способом выполняется в достаточно полном объеме на уровне, который доступен для студентов младших курсов. А вот рассмотрение в них потенциала φ таких систем в большинстве случаев по многим причинам

трудно назвать удовлетворительным. Например, в части книг потенциал φ полей названных моделей либо совсем не рассматривается [2; 8; 9; 10], либо просто приводятся формулы для φ без указания процедуры их получения [7] или предлагается найти рекомендованным способом необходимые выражения самостоятельно [1; 6]. Например, в [11; 14] – только одним способом, а именно, по известной напряженности поля рассчитывается потенциал заданной точки или разность потенциалов между двумя точками. При этом комментарии к вычислениям либо отсутствуют, либо они недопустимо кратки. Только в отдельных учебных пособиях (например, [3; 4]) выполнено некоторое обсуждение потенциала электрического поля, например, нити с позиций принципа аддитивности потенциала. Однако отдельные утверждения, сделанные по этому поводу в [3; 4], к сожалению, не являются убедительными. Вероятно, необходимо признать, что в такой ситуации студенту, который приступил к изучению электричества и магнетизма, непросто самостоятельно разобраться в тонкостях данного вопроса. Поэтому целью настоящей научно-методической работы является систематизация особенностей определения потенциала электрических полей систем, названных выше, на уровне, соответствующем физическим специальностям классических университетов. Также предполагается уделить большее внимание данному вопросу и с позиции принципа аддитивности потенциала.

В курсе «Электричество и магнетизм» показывается, что потенциал электростатического поля определяется с точностью до постоянной величины и подчиняется принципу аддитивности, то есть

$$\varphi = \sum_i \varphi_i . \quad (1)$$

Здесь φ – суммарный потенциал в рассматриваемой точке пространства в ситуации, когда имеется в рассматриваемой системе отсчета суперпозиция электростатических полей; φ_i – потенциал, который создается в этой же точке i -ым полем.

Известно, что потенциал электростатического поля, создаваемого точечным зарядом q в вакууме, описывается выражением

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r} - \vec{r}'|} . \quad (2)$$

Здесь q – величина заряда, ϵ_0 – электрическая постоянная, \vec{r}' и \vec{r} – радиус-векторы точечного заряда и рассматриваемой точки соответственно. Напомним, что потенциал поля точечного заряда в бесконечно удаленной точке обычно считается равным нулю.

Любую электростатическую систему, разбивая мысленно ее на элементарные части, можно представить в виде ансамбля точечных зарядов. Таким образом, соотношения (1) и (2) должны быть инструментом в

определении потенциала поля, создаваемого любой электростатической системой зарядов. Тогда значение потенциала ее поля в точке с радиус-вектором \vec{r} будет описываться выражением

$$\varphi = \sum_i \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r} - \vec{r}'_i|} \quad (3)$$

Здесь \vec{r}'_i и q_i – радиус-вектор и величина i -ого точечного заряда или i -ой элементарной части системы соответственно. Напомним, что при непрерывном или кусочно-непрерывном распределении заряда по кривым, поверхностям, объемам, выражение (3) сводится к соответствующему интегрированию.

Остановимся теперь на известном соотношении

$$\vec{E} = -\nabla. \quad (4)$$

Здесь \vec{E} – вектор напряженности электростатического поля в рассматриваемой точке. При известном распределении электрического заряда в рассматриваемой системе его можно найти либо на основании принципа суперпозиции, либо, если возможно, то и с помощью теоремы Гаусса. Например, автор [1] отводит в своей книге отдельный параграф, посвященный нахождению потенциала по известной напряженности поля.

Если, например, речь идет об обобщенной системе координат с ортонормированным базисом $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$, то равенство (4) эквивалентно системе дифференциальных уравнений в частных производных

$$-\frac{1}{h_1} \frac{\partial \varphi}{\partial a_1} = E_1, \quad -\frac{1}{h_2} \frac{\partial \varphi}{\partial a_2} = E_2, \quad -\frac{1}{h_3} \frac{\partial \varphi}{\partial a_3} = E_3 \quad (5)$$

Здесь $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$ – координаты вектора в базисе $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$; a_1, a_2, a_3 , – обобщенные координаты рассматриваемой точки поля; h_1, h_2, h_3 – коэффициенты Ламе. Так как E_1, E_2, E_3 предполагаются известными, то, интегрируя уравнения системы (5), можно найти и $\varphi = \varphi(a_1, a_2, a_3)$.

Пусть в некотором электростатическом поле, в каждой точке которого вектор \vec{E} известен, выбраны точки P и P_0 . Будем считать, что потенциал точки P_0 нам известен и равен φ_0 .

Тогда потенциал φ точки P на основании выражения (4) может быть записан в виде

$$\varphi = \varphi_0 - \int_{P_0}^P \vec{E} d\vec{r}. \quad (6)$$

В (6) вектор $d\vec{r}$ – элемент траектории, по которой мы мысленно переместились из P_0 в P . Направление $d\vec{r}$ совпадает с направлением нашего движения по траектории. Так как потенциал электростатического по-

ля определяется с точностью до некоторой постоянной, то величину φ_0 можно положить равной и нулю. Часто в качестве точки P_0 обычно выбирают бесконечно удаленную точку, где считается $\varphi_0=0$.

Потенциал поля электростатической системы может быть найден и с помощью уравнения Пуассона

$$\Delta\varphi = -\frac{\rho(\vec{r})}{\varepsilon_0}. \quad (7)$$

Здесь Δ – оператор Лапласа, $\rho(\vec{r})$ – объемная плотность зарядов в точке с радиус-вектором \vec{r} . Если в некоторой области системы $\rho(\vec{r}) = 0$, то для нее (7) переходит в уравнение Лапласа

$$\Delta\varphi = 0. \quad (8)$$

При необходимости объединения решений (7) и (8) учитывается непрерывность потенциала. Отметим, что, например, в [13] уравнения (7) и (8) используются для определения потенциала полей плоскопараллельного слоя и цилиндра, заряженного по объему.

Если электростатическая система имеет конечные размеры и величину электрического заряда, то нет ограничений для применения соотношений (3), (5) и (6), (7) и (8) при нахождении потенциала. При использовании указанных выражений могут возникнуть трудности. Но они всегда носят только расчетный характер.

Остановимся теперь на специфике применения соотношений (3), (5) и (6), (7) и (8) при нахождении потенциала полей электростатических моделей, о которых шла речь выше. Начнем, например, с поля нити.

Поле нити мы будем описывать в цилиндрической системе координат. Пусть при этом ось Oz и нить совпадают. Рассмотрим точку с координатами r, θ, z . Здесь r – ее расстояние до оси Oz , θ – полярный угол. Из соображений симметрии следует, что потенциал φ поля в этой точке будет определяться только координатой r , то есть $\varphi = \varphi(r)$. Известно, что вектор напряженности поля нити описывается формулой

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \vec{e}_r, \quad (9)$$

где λ – линейная плотность заряда нити, \vec{e}_r – единичный вектор, входящий в базисную тройку векторов рассматриваемой точки. На основании (5) и (9) получим уравнение $\frac{d\varphi}{dr} = -\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$. Выполнив элементарные вычисления, найдем хорошо известное выражение для потенциала поля нити

$$\varphi(r) = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln r + C, \quad (10)$$

где C – постоянная интегрирования. Из (10) следует, если положить на бесконечности потенциал равным нулю, то $C = +\infty$ при $\lambda < 0$. Когда $\lambda > 0$, то $C = -\infty$. Это первая особенность в вопросе о потенциале поля нити. Она заставляет нас задуматься над тем, что можно ли в рассматриваемом случае потенциал в бесконечно удаленной точке считать равным нулю? В связи с этим Э. Парселл в [4, 59] пишет: «Очевидно, что в системе зарядов, распределенных до бесконечности, лучше расположить нулевой потенциал где-нибудь поближе». Конечно, это можно осуществить в связи с тем, что потенциал электростатического поля определяется с точностью до некоторой постоянной величины. Это можно оправдать и тем, что этот прием позволит получить такое выражение для потенциала поля нити, на основании которого соотношение (4) будет давать в любой точке правильный вектор напряженности поля. Однако, тем не менее, если для нити на бесконечности ($r = \infty$) нельзя положить $\varphi = 0$, где $|\vec{E} = 0|$, что можно трактовать как отсутствие электрического поля при $r = \infty$, то почему можно считать $\varphi = 0$ в точке, для которой $r \neq \infty$? Есть и такое мнение, что в случае названных выше электростатических моделей на бесконечности находятся электрические заряды, то там нельзя считать потенциал равным нулю [1]. Но те же самые бесконечно удаленные заряды никаких помех не создают при нахождении вектора напряженности поля. Для всех указанных в работе моделей он либо в любой точке, либо практически всюду находится однозначно. Если для поля нити при $r = r_0$ можно считать, что потенциал $\varphi = 0$, то

$$\varphi(r) = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r}{r_0}. \quad (11)$$

Остановимся теперь на равенстве (6). Пусть в нем P_0 – бесконечно удаленная точка, а точка P от нити находится на расстоянии равном r ; φ_∞ – потенциал на бесконечности. Предположим, что точки P_0 и P лежат на одной из силовых линий поля. Тогда интегралу в (6) можно придать вид

$$\varphi(r) = \varphi_\infty + \int_r^\infty \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r'} dr'.$$

Здесь r' – переменная интегрирования. Итак, в величину $\varphi(r)$ входит несобственный интеграл первого рода. Легко убедиться, что в зависимости от знака λ , он равен ($\pm\infty$). Для того, чтобы в точке P потенциал имел конечную величину необходимо, чтобы $\varphi_\infty = \pm\infty$. Однако на все это можно посмотреть под иным углом зрения, записав

$$\varphi(r) = \varphi_\infty + \lim_{R \rightarrow \infty} \int_r^R \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r'} dr' = \varphi_\infty - \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln r + \lim_{R \rightarrow \infty} \left(\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln R \right). \quad (12)$$

Из (12) видно, что вопрос о значении φ_∞ не так уж принципиален. Главное, что для любого r оно одинаково. То же самое можно сказать и о бесконечно большой величине $C = \lim_{R \rightarrow \infty} \left(\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln R \right)$. Пусть, например,

$C = \infty$. При вычислении градиента $\varphi(r)$ в разности $\varphi(r+dr) - \varphi(r)$ возникнет неопределенность вида $(+\infty) - (+\infty)$. Но для любой точки поля нити

C одно и то же. Поэтому в нашем случае $(+\infty) - (+\infty)$. А $\nabla \left(\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln r \right)$

дает правильное выражение для вектора напряженности электростатического поля нити.

Рассмотрим теперь данный вопрос с точки зрения аддитивности потенциала. Если на практических занятиях по электростатике предложить студентам с помощью (3) найти потенциал в произвольной точке поля, создаваемого бесконечной заряженной нитью, то на их лицах нередко можно увидеть неподдельное изумление, в момент, когда они убеждаются в том, что интеграл, к которому сводится сумма в (3), расходится. Их состояние понять нетрудно, так как на предыдущих занятиях применение принципа суперпозиции при нахождении вектора напряженности поля нити в заданной точке никаких проблем не вызывало. Если исходить из того, что проблемный подход при проведении лабораторных, практических, лекционных занятий по общему курсу физики должен только приветствоваться, то в рассматриваемом случае перед студентами, безусловно, создается проблемная ситуация, с которой им нужно будет разобраться.

Кстати, автор [3] также начинает рассмотрение потенциала поля нити, исходя из принципа аддитивности потенциала. Вначале он, предполагая, что нить имеет конечную длину, находит потенциал ее поля в произвольной точке. После этого в полученном выражении длина нити устремляется к бесконечности. При этом в зависимости от знака λ потенциал поля в любой точке оказывается равным $(\pm\infty)$. На основании этого автор [3] на стр. 97 делает вывод, что в данной задаче, выражением (3), по сути дела, пользоваться нельзя. С этим, конечно, трудно согласиться. Ведь тем самым ставится под сомнение универсальность принципа аддитивности потенциала. С учетом линейности оператора ∇ выражение (4) предопределяет такое его свойство. Кроме того, если применить оператор $(-\nabla)$ к выражению (3), то мы получим

$$-\nabla\varphi = -\sum_i \nabla \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0|r-r_i|} = \sum_i \vec{E}_i,$$

что соответствует принципу суперпозиции для напряженности электрического поля. Здесь \vec{E}_i – напряженность электрического поля, создаваемого в рассматриваемой точке i -ым элементом нити. Поэтому, отмена (3), ставит под сомнение и принцип суперпозиции.

Пусть прямолинейный отрезок, заряженный равномерно с плотностью λ , имеет длину L . С помощью (3) находим, что потенциал в произвольной точке прямой, которая перпендикулярна отрезку и проходит через его центр, описывается выражением

$$\varphi(r) = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{L + \sqrt{L^2 + 4r^2}}{-L + \sqrt{L^2 + 4r^2}}.$$

Здесь r – расстояние рассматриваемой точки до центра отрезка. Если $L \gg r$, то

$$\varphi(r) \approx \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln r + \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln L \quad (13)$$

Из (13) видно, что при $L \rightarrow \infty$ в зависимости от знака λ потенциал $\varphi(r) \rightarrow \pm\infty$. Глядя на выражение (13), все-таки, надо согласиться с тем, что при $L \rightarrow \infty$ потенциал поля нити расходится во всех его точках. В принципе, не следует удивляться этому факту. Ведь хоть на какой-нибудь характеристике поля нити должно же сказываться то, что она безгранична и имеет бесконечно большой заряд? Тем более, что сходимость у рядов вида (3) более медленная, чем у рядов, которые можно построить для напряженности поля на основании принципа суперпозиции. В учебной литературе по электричеству и магнетизму, наверное, из-за расходимости ряда в правой части (3) этот метод для описания потенциала поля нити обычно не применяется. Однако, говоря образно, эту расходимость легко устранить, так как $C' = \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln L$ одно и то же

для любого r . Выше такая ситуация уже обсуждалась, поэтому C' при переходе $L \rightarrow \infty$ может быть просто отброшено. При использовании в подобных задачах соотношений (5)–(8) (в равенстве (6) предполагается, что точка P_0 не является бесконечно удаленной) эта проблема снимается автоматически, а именно, при вычислении в них соответствующих разностей. Это создало иллюзию того, что выражения (5)–(8) являются более надежным инструментом для нахождения потенциала полей указанных электростатических систем, чем принцип аддитивности потенциала.

Отбросив в соотношении (13) $\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln L$, мы приходим к (11), считая в нем

величину $r_0 = 1$ м. Таким образом, с помощью принципа аддитивности потенциала также несложно получить правильное выражение для $\varphi(r)$ поля нити.

Если мы имеем цилиндр круглого сечения, который заряжен равномерно по поверхности или объему, то, согласно принципу суперпозиции его можем мысленно разбить на бесчисленное в пределе число полос, параллельных его оси. Эти полосы будут бесконечно узкими, поэтому их можно считать нитями. Также можно поступить и с заряженной плоскостью. Таким образом, заряженные цилиндры и плоскость сводятся к ансамблю нитей, а плоскопараллельный слой может быть представлен в виде совокупности либо плоскостей, либо нитей.

Можно ли уложить в пространстве бесконечную равномерно заряженную нить так, чтобы в любой точке ее поля модуль вектора напряженности был бесконечно большим? Пусть у нас есть прямоугольник ABCD со сторонами $BC = a$ и $AB = 2a$ (рис. 1).

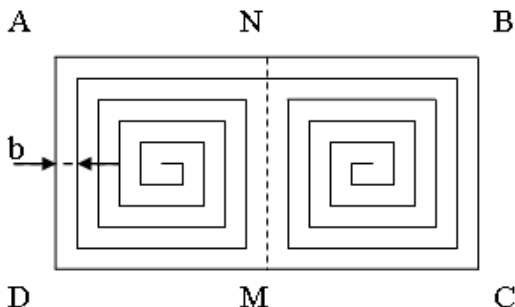


Рис. 1. Дорожка ширины b , покрывающая прямоугольник ABCD, у которого $AB = 2a$, $BC = a$ ($a/b = n$ – большое четное число).

Он на этом рисунке пунктирным отрезком NM поделен на два квадрата – ANMD и NBCM. Прямоугольник ABCD покрыт дорожкой, ширина которой равна b . Причем, $a/b = n$, где n – большое четное число. Если теперь $b \rightarrow 0$, то дорожка, покрывающая прямоугольник, будет иметь бесконечную длину. Тогда вдоль нее может быть выложена бесконечная нить. Она полностью покроеет прямоугольник, причем ее половинки уложатся в квадратах ANMD и NBCM. Такое покрытие возможно в связи с тем, что прямоугольник и нить являются множествами точек одинаковой мощности, то есть мощности континуума.

Таким образом, прямоугольник ABCD будет иметь бесконечный заряд, сосредоточенный в ограниченной области плоскости. Ясно, что в

любой точке вне прямоугольника напряженность электрического поля будет бесконечной. Наверное, на основании этого примера можно утверждать: если равномерно заряженная нить уложена в пространстве так, что любая замкнутая поверхность, которая прокалывается нитью, содержит конечной величины заряд, то вектор напряженности поля в любой точке вне нити может быть определен.

Литература

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики / Д. В. Сивухин. – Изд. 4-е, стереотипное. – М. : Физматлит ; Изд-во МФТИ, 2004. – Т. III. Электричество. – 656 с.
2. Савельев И. В. Курс общей физики. В 3 т. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика : учеб. пособие для вузов / И. В. Савельев. – 5-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2006. – 496 с.
3. Матвеев А. Н. Электричество и магнетизм / А. Н. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1983. – 463 с.
4. Парселл Э. Электричество и магнетизм / Э. Парселл. – М. : Наука, 1975. – 440 с. – (Берклевский курс физики. Том II).
5. Зильберман Г. Е. Электричество и магнетизм / Г. Е. Зильберман. – М. : Наука, 1970. – 384 с.
6. Тамм И. Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – М. : Наука, 1989. – 504 с.
7. Ахиезер А. И. Электромагнетизм и электромагнитные волны / А. И. Ахиезер, И. А. Ахиезер. – М. : Высшая школа, 1985. – 504 с.
8. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Электричество и магнетизм. Т. 5 / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М. : Мир, 1977. – 300 с.
9. Калашников С. Г. Электричество / С. Г. Калашников. – М. : Наука, 1985. – 576 с.
10. Фриш С. Э. Курс общей физики. Том 2. Электрические и электромагнитные явления / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. – М. : Лань, 2006. – 526 с.
11. Трофимова Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М. : Высшая школа, 2008. – 560 с.
12. Иродов И. Е. Задачи по общей физике / И. Е. Иродов. – М. : Лаборатория базовых знаний, 2003. – 432 с.
13. Матвеев А. Н. Электродинамика / А. Н. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1980. – 383 с.
14. Кучерук І. М. Загальний курс фізики : у трьох томах. Том 2. Електрика і магнетизм / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцикю – К. : Техніка, 2006. – 454 с.

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В ИКТ

С. А. Лукашевич, Т. П. Желонкина, Д. Б. Белоножко
Беларусь, г. Гомель, Гомельский государственный университет
им. Ф. Скорины
Zhelonkina@gsu.by

В наши дни возникли принципиально новые условия для реализации общих концептуальных установок компьютерного обучения, их конкретизации и практической апробации. Появление ПК, расширение их функциональных возможностей, а главное, все более массовое внедрение компьютеров в учебный процесс создают необходимые предпосылки для обеспечения продолжительного контакта каждого с компьютером, во время которого, собственно, и происходит процесс компьютерного обучения.

Результативность компьютерного обучения по различным учебным дисциплинам существенно зависит от уровня компьютерной грамотности обучаемых. Поэтому сам факт введения массового компьютерного всеобуча создает благоприятные предпосылки и для повышения эффективности компьютерного обучения.

Информационная культура педагога является предметом научного интереса и рассматривается в различных аспектах и с позиций различных технологических подходов. В зарубежной и отечественной литературе под структурой информационной культуры понимают ее когнитивный, коммуникативный, операционный и рефлексивный аспекты. Педагогическая практика подтвердила эффективность использования компьютера на различных этапах преподавания физики как в средней школе, так и в высшей. Вместе с тем ученые, методисты и преподаватели, занимающиеся образовательными технологиями, видят необходимость в наиболее рациональном применении компьютера на учебных занятиях. Уже наработаны многочисленные примеры оптимального использования компьютера на этапе объяснения учебного материала, на этапе контроля и самоконтроля достигнутых результатов обучения, на этапе коррекции процессе обучения учащихся, а также при систематизации, обобщении, классификации учебного материала и др.

Нельзя не согласиться с тем, что информационные технологии для преподавателей – это и инструмент, и современное средство в процессе обучения. Успешное применение информационной технологии напрямую зависит от профессиональной грамотности преподавателя, то есть его компетентности. Компетентность преподавателя предполагает эф-

эффективное использование знаний и способов педагогической деятельности, позволяющей добиться максимально высоких результатов обучения студентов. Практически все преподаватели достигают определенных успехов, но наилучший успех у тех, кто эффективно использует имеющиеся профессиональные ресурсы.

Профессиональная «жизнеспособность» преподавателей физики обусловлена наличием у них следующие профессиональных компетенций: высокий уровень владения образовательными технологиями; умение работать с постоянно увеличивающимся количеством научно-практической информации; способность формировать информационное пространство курсов общей и теоретической физики; общая информированность в областях, не связанных с физикой, высокий уровень гуманитарных знаний; способность моделировать учебные ситуации в рамках педагогических задач; умение гибко реагировать на изменяющиеся условия и адекватно использовать образовательные технологии; способность к самообразованию; высокий уровень аналитических и прогностических способностей; желание и умение быть лучшим в своем деле, способность развивать эти умения у студентов; способность инициировать творческий процесс в учебной аудитории.

Соответственно в качестве базовых информационно-коммуникативных (ИКТ) компетентностей можно предложить: компетентность в области свойств и характеристик учебной информации; компетентность в области использования основных типов информационных педагогических систем; компетентность в решении физических задач с помощью информационных технологий; компетентность в использовании современных технических информационных средств обучения.

Соответственно, информационно-коммуникативная компетентность преподавателей физики включает общие, образовательные и специальные компетенции.

К общим компетенциям относятся: знание операционных систем (настройка оптимальной конфигурации системы); использование основных периферийных систем компьютера; осуществление простейших математических расчетов; прием и отправление электронной почты с помощью почтовых клиентов, работа с сайтами сети Интернет; создание и редактирование текстовых файлов; расчет с помощью электронных таблиц; создание и редактирование баз данных; создание и редактирование графических файлов в растровых и векторных графических редакторах; знание различных пакетов учебных программ по физике.

Общеобразовательные компетенции: рациональный поиск необходимой информации; использование прикладных обучающих программ;

работа с поисковыми системами сети Интернет; представление результатов работы с помощью электронных презентаций; подготовка рефератов, контрольных работ, тестов, докладов, статей; поиск необходимой научно-педагогической информации в сети Интернет.

Профессиональные компетенции: создание и редактирование файлов с помощью офисных пакетов; создание различных электронных таблиц и баз данных с помощью табличных процессоров и СУБД; работа с информационными и учебными системами Интернет; работа с обучающими и тестирующими программными продуктами; создание простейших электронных учебных материалов (пособий); сетевое взаимодействие в онлайн-режиме; моделирование и демонстрация физических явлений и объектов; обеспечение учебных ситуаций, решение физических задач, контроль и оценка уровня знаний учащихся; работа в локальных компьютерных сетях; установка на компьютер программных продуктов по физике и защита информации от несанкционированного доступа.

Перечисленные компетенции преподавателей физики представлены в самом общем виде и нуждаются в детализации по разделам общей физики. Важно определить необходимое и достаточное число связанных между собой изучаемых тем предмета, формулирующих знания, умение, навыки и способы деятельности, составляющие содержание определенных компетенций преподавателей.

ПРИКЛАДНІ ПАКЕТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

О. С. Мартинюк

Україна, м. Луцьк, Волинський національний університет
імені Лесі Українки
oleksandr_lutsk@ukr.net

Могутнім засобом інтенсифікації та підвищення продуктивності науково-дослідницької та конструктивно-технічної роботи є дослідження процесів функціонування електронного обладнання на основі математичних моделей. Методологічну та методичну основу математичного моделювання сучасних електронних приладів на базі мікропроцесорної техніки складають імітаційне та аналітичне моделювання, чисельні методи дослідження моделей. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ, систем і пристроїв є зручним та ефективним способом організації лабораторних практикумів.

В порівнянні з реальними лабораторними стендами, віртуальні стени мають багато істотних переваг, серед яких: відсутність громіздкої контрольно-вимірювальної апаратури й макетів досліджуваних схем; незначна похибка вимірювань; на комп'ютерне моделювання витрачається менше часу, ніж на виготовлення макету та виконання на ньому експериментального дослідження. Імітаційне та математичне моделювання є обов'язковими етапами проектування майже будь-якого електричного або електронного пристрою. Воно передбачає виправлення помилок, вибір оптимальних режимів і попереднє налагодження пристрою без його реального макетування.

Серед світових лідерів у галузі створення пакетів для моделювання та тренажерних технологій на їх основі можна назвати Raytheon Training, Thomson Training & Simulation, MedSim Advanced Medical Simulations, Ltd та інші. Серед структур, що займаються використанням віртуального навколишнього середовища (віртуальної реальності – VR) у навчанні й тренажерних технологіях, такі відомі фірми, як Ford, Boeing, Volvo, Northrop, Rockwell International та інші.

Для дослідження та проектування електронних схем добре зарекомендували себе прикладні пакети, в основі яких лежить програма Pspice, яка є найбільш відомою модифікацією програми моделювання схемотехніки SPICE, розробленої на початку 70-х років в Каліфорнійському університеті (м. Берклі). Вона дозволяє моделювати аналогові та змішані аналого-цифрові пристрої. До подібних пакетів відносяться DesignLab, Micro-Cap, OrCAD, Circuit Market та інші. Найпоширенішими серед вір-

туальних лабораторій є Matlab, Mathcad, NI Multisim (Electronics Workbench), LabVIEW та інші. Виконання віртуального експерименту перед роботою на реальному устаткуванні має дуже велике значення для студентів фізико-математичних і технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів, оскільки відбиває сучасну логіку проектування технічних систем – спочатку концепція, теоретичні обчислення, потім комп'ютерне моделювання, і тільки тоді – реальний експеримент. Такі навички роботи можливо, і навіть необхідно формувати у студентів в ході виконання лабораторного практикуму. Це зближує навчальну діяльність студентів з їх майбутньою професійною діяльністю [5].

Аналіз досліджень і публікацій. У науково-педагогічних дослідженнях достатньо широко висвітлюються проблеми використання комп'ютерних моделей, комп'ютерних засобів навчання та інформаційно-вимірювальних комплексів при вивченні наук природничо-математичного циклу. Проблемі обґрунтування теоретичних і методичних засад використання інформаційних технологій при підготовці майбутнього вчителя фізики приділяли увагу багато вітчизняних та зарубіжних вчених, зокрема П. Атаманчук, С. Величко, Н. Волегова, О. Іваницький, О. Ляшенко, П. Самойленко, В. Сергієнко, В. Сиротюк, Н. Сосницька, Є. Смирнова-Трибульська, В. Сумський, В. Шарко, М. Шут та інші.

Значний внесок у впровадження та застосування комп'ютерних моделей внесли А. Верлань, Ю. Жук, В. Заболотний, О. Іваницький, Л. Калапуша, Г. Кобель, Л. Коношевський, П. Маланюк, Н. Мисліцька, В. Прудський, А. Сільвейстр, М. Фокін, Т. Яценко та інші. Проблеми використання програмних та математичних середовищ для комп'ютерного моделювання розглядали Х. Гулд, Н. Морзе, Ю. Набочук, С. Раков, О. Самарський, С. Семеріков, І. Семешук, І. Теплицький, Я. Тобочник, Є. Хеннер, Т. Чепрасова та інші. Дидактичні проблеми, перспективи використання інформаційних технологій, психологічні основи комп'ютерного навчання досліджували І. Роберт, Ю. Машбиць, а систему підготовки вчителів до їх використання розробив М. Жалдак.

Проте проблема методичного забезпечення та вибір пакетів програмного забезпечення для імітаційного моделювання при підготовці студентів фізичних спеціальностей залишається **актуальною**.

Мета статті полягає у аналізі основних характеристик та можливостей найбільш популярного серед користувачів програмного забезпечення для імітаційного моделювання, що можна з успіхом використати при вивченні основ радіоелектроніки та мікропроцесорної техніки майбутніми учителями фізики.

При виборі програмних засобів математичного моделювання слід

пам'ятати, що вони мають бути максимально простими, а їх засвоєння на відповідному рівні не забирало багато часу. Разом з тим, програмний засіб мусить бути достатньо потужним та спеціалізованим для моделювання електро-, та радіотехнічних схем [1]. Розглянемо характеристики, функціональні можливості та склад найпоширеніших на сьогодні програмних комплексів.

DesignLab 8.0 – інтегрований програмний комплекс корпорації MicroSim для проектування аналогових, цифрових і аналого-цифрових пристроїв. Основу системи DesignLab складає програма PSpice. Система DesignLab дозволяє проводити наскрізне проектування радіоелектронних пристроїв: від введення принципової схеми та її моделювання до створення файлів керування для програматорів. Програмно можна здійснити розробку плат і програм, що керують свердлильним станком.

До пакету DesignLab додаються бібліотеки приблизно 40 тисяч графічних позначень символів, близько 10 тисяч математичних моделей компонентів і 1000 корпусів компонентів виробництва фірм США, Західної Європи і Японії.

Основним недоліком системи DesignLab є те, що при зміні режиму один екран повністю замінюється іншим, виконаним в іншому стилі.

OrCAD. Інтерес до системи OrCAD зріс після виходу версій 9.0 і 9.1, призначених для роботи в середовищі Windows. Крім того, до складу цих версій була включена відома програма моделювання PSpice A/D. Тому до прихильників OrCAD перейшли більшість користувачів DesignLab фірми MicroSim (розробника програми PSpice, яка в 1998 році об'єдналася з компанією OrCAD).

Після припинення розвитку пакету DesignLab система OrCAD залишилася, мабуть, єдиним засобом наскрізного проектування цифрової, аналогової і аналого-цифрової апаратури на платформі Windows. До недоліків OrCAD можна віднести наступне: об'єднання програм моделювання аналого-цифрових пристроїв PSpice A/D і цифрових пристроїв Express Simulate під управлінням однієї оболонки ORCAD Capture виконано недостатньо гнучко, що затрудняє моделювання одного і того ж проекту за допомогою обох програм і не дозволяє моделювати проекти, що містять цифрові та аналогові компоненти; застосування символів кирилиці обмежене тільки принциповими схемами, використання їх на платах не допускається; кирилицю також не можна використовувати в штатних засобах складання текстових звітів про проект.

Програма **MicroCap** Evaluation version є вільно поширюваною демоверсією професійної програми машинного моделювання електронних схем (www.spectrum-soft.com). Вона має практично всі можливості повнофункціональної програми, а обмеження носять здебільшого кількіс-

ний характер (демоверсія дозволяє моделювати схеми, число компонентів в яких не перевищує 50; розрахунки окремих схем проходять дещо повільніше, ніж в повнофункціональній версії; обмеженою є бібліотека компонентів; немає вбудованої програми підготовки власних моделей і деяких інших додаткових функцій). Ця програма дозволяє почати моделювання електричних кіл новачкові навіть без глибокого її вивчення. Користувач складає електричне коло в зручному графічному редакторові (Circuit editor), потім задає параметри аналізу (Analysis) і вивчає графіки з даними. Програма автоматично складає рівняння для даного кола та проводить їх математичний розрахунок. Основна відмінність програми MicroCap від DesignLab – робота під керуванням однієї оболонки, в якій при зміні режиму лише частково міняється склад меню команд.

У системі **MATLAB** для побудови функціональної блок-схеми модельованих пристроїв використовують пакет **Simulink**, що має бібліотеку компонентів (браузер бібліотек) і зручний редактор блок-схем. До Simulink входить велика кількість бібліотек блоків. Пакет призначений для аналізу, моделювання і проектування таких систем, як периферійні пристрої і контролери для комп'ютерів, наочні інтерактивні уроки з моделювання, проектування різноманітних систем, тощо. Використовуючи палітри компонентів (набори), користувач за допомогою миші переносить потрібні блоки з палітр на робочий стіл пакету Simulink і сполучає лініями входи і виходи. Таким чином, створюється блок-схема системи або пристрою (S-модель). Simulink автоматизує наступний, найбільш трудомісткий етап моделювання: він складає і розв'язує складні системи алгебраїчних рівнянь, забезпечуючи зручний і наочний візуальний контроль за поведінкою створеного користувачем віртуального пристрою.

Засоби візуалізації результатів моделювання в пакеті Simulink настільки наочні, що деколи створюється відчуття, що створена у вигляді блок-схеми S-модель працює «як жива». Більше того, Simulink практично миттєво змінює математичний опис моделі по мірі введення її нових блоків, навіть у тому випадку, коли цей процес супроводжується зміною порядку системи рівнянь і веде до істотної якісної зміни поведінки системи.

Simulink є свого роду «віртуальною лабораторією», що дозволяє збирати та досліджувати роботу багатьох видів електричних кіл, електричних машин і пристроїв електроприводу, схем силової електроніки.

Electronics Workbench – дочірня компанія, якою володіє National Instruments Corporation (www.ni.com), є лідером міжнародного ринку із розробки програмного забезпечення для проектування радіоелектронних схем. До складу пакету входить декілька програм, пов'язаних між собою, кожна з яких може працювати як окремий модуль.

Окрім цього, Electronics Workbench характеризується повним циклом розробки, що включає можливість використання таких засобів National Instruments, як LabVIEW, SignalExpress та NI ELVIS.

- LabVIEW – середовище графічного програмування (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench). Користувач може проектувати аналогові та цифрові схеми, моделювати їх, маючи набір лабораторного обладнання, реалізованого за технологією VI («віртуальні прилади» (ВП)).

- SignalExpress – інтерактивне програмне забезпечення для збору, порівняння, автоматизації та збереження вимірювань.

- NI ELVIS (Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite) – комплект інструментів (панель), призначений для наукових, інженерних працівників, студентів та учнів. До складу входить система збору даних, набір віртуальних приладів, макетної плати для розміщення та з'єднання реальних елементів. Забезпечує повний цикл робіт з моделювання, проектування та дослідження електронних аналогових та цифрових схем.

Робота з електронною системою моделювання **NI Multisim** включає три основних етапи: створення схеми, вибір, підключення вимірювальних приладів і активацію схеми – розрахунок процесів, що протікають в досліджуваному пристрої. Завдяки Multisim опис схем є простим і інтуїтивно зрозумілим. Представлення у вигляді електронної таблиці дозволяє змінювати характеристики будь-якої кількості елементів. Безрежимне редагування – найбільш ефективний спосіб розміщення і з'єднання компонентів. Крім традиційного SPICE-аналізу, Multisim дозволяє користувачам підключати до себе віртуальні прилади. Концепція віртуальних інструментів – це простий і оперативний спосіб отримати результат за допомогою імітації реальних подій. Наявність «інтерактивних елементів» (interactive parts) забезпечує оперативне внесення змін в роботу схеми під час емуляції. При необхідності проведення більш складного аналізу можна вибрати одну із 15 різних функцій. Деякі приклади включають використання змінного струму, аналізу Фур'є, Монте-Карло. В Multisim входить Grapher – потужний засіб перегляду та аналізу даних емуляції. Інтерфейс користувача складається із декількох елементів. Основою будь-якої схеми є набір компонентів. Multisim оперує з двома категоріями компонентів: реальними (real) та віртуальними (virtual). У реальних компонентів, на відміну від віртуальних є визначене, незмінне позначення та своя відповідність на платі. Параметри віртуальних елементів користувач може змінювати довільно. Існує ще одна класифікація компонентів: аналогові, цифрові, змішані, анімовані, інтерактивні, цифрові з мультівібратором, електромеханічні та радіочастотні. Окремі елементи (наприклад змінний резистор, перемикач, тощо) можуть реагу-

вати на дії користувача. Зміна параметрів елементів зразу ж відображається на результатах емуляції.

Вибір необхідного елемента здійснюється через провідник компонентів, що активізується з панелі компонентів. Провідник компонентів (Component Browser) забезпечує можливість вибору компонентів, їх пошук, формування бази даних, створення групи компонентів, тут відображається опис елемента, моделі та виробника. В Multisim існує багато функцій і засобів емуляції, які в інших, подібних пакетах проектування електроніки недоступні. Емуляція приладу дозволяє знизити кількість циклів розробки й помилок при створенні прототипу. Для ефективного моделювання цифрових схем в Multisim вбудовано емулятор XSPICE, пакет MultiMCU, що дозволяє роботу з мікроконтролерами та Model Makers (конструктор моделей), який автоматично згенерує модель на основі даних databook і зекономить час користувача.

Після вибору компонентів користувач здійснює їх з'єднання згідно схеми, а для аналізу та проведення вимірювань використовує набір приладів. Віртуальні прилади – це модельні компоненти Multisim, які за функціями та принципу дії відповідають реальним приладам. Вони достатньо просто взаємодіють зі схемою та майже зовсім не відрізняються від традиційного електронного обладнання. В Multisim передбачено використання таких приладів: мультиметра, генератора сигналів, декількох видів осцилографів, плотера Бодє, спектралізатора. Окрему групу складають віртуальні прилади NI LabVIEW: мікрофон, гучномовець, генератор сигналів, аналізатор сигналів та інші. Усі прилади на схемі відтворюються символами (схематичними позначеннями), а в режимі візуалізації мають вигляд ліцевої панелі приладу. Результати відображаються на графіку й таблиці, їх можна експортувати в NI LabVIEW, Excel або MathCAD.

При підготовці майбутніх учителів на кафедрі загальної фізики та методики викладання фізики Волинського національного університету імені Лесі Українки розроблено та введено ряд програм спецкурсів, серед яких «Прикладні комп'ютерні програми», «Автоматизація фізичного експерименту», «Автоматизовані системи збору даних» [2; 3; 4]. Мета та завдання спецкурсів: оволодіння методикою імітаційного моделювання; забезпечення опанування студентами основ графічного програмування; вироблення умінь та навичок, необхідних для роботи з віртуальними приладами; підготовка студентів до роботи в умовах використання складного обладнання та сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Основними програмними засобами для вивчення є LabVIEW та Multisim.

Висновки. Вивчення спеціалізованого прикладного програмного

забезпечення є одним із аспектів фахової підготовки майбутніх вчителів фізики до викладацької та науково-дослідницької роботи. Впровадження в навчальний процес вказаних у статті спецкурсів сприяє активізації пізнавальної діяльності студентів, формуванню їх інформативної компетентності.

Перспективи подальших пошуків у напрямку дослідження вбачаємо у розробці методик ефективного використання засобів імітаційного моделювання в лабораторних практикумах та експериментально-дослідницькій роботі з фізики.

Література

1. Лурье М. С. Имитационное моделирование схем преобразовательной техники / М. С. Лурье, О. М. Лурье. – Красноярск : СибГТУ, 2007. – 138 с.
2. Мартинюк О. С. Моделювання та дослідження радіоелектронних схем програмним комплексом NI Multisim у навчальному експерименті з фізики / Мартинюк О. С. // Педагогічний пошук. – 2010. – № 5. – С. 83-85.
3. Мартинюк О. С. Прикладне графічне програмування в науково-дослідницькій роботі з фізики / О.С. Мартинюк // Матеріали VII Міжнародн. наук.-практ. конф. [„Стратегія якості у промисловості і освіті”], (Варна, 3-10 червня 2011 р.). – Дніпропетровськ-Варна, 2011. – Т. 2. – С.650-652.
4. Мартынюк А. С. Методические аспекты формирования профессиональной компетентности будущих учителей физики к использованию информационно-коммуникационных технологий в учебном физическом эксперименте / А. С. Мартынюк // Новые технологии в образовании. Сборник научных трудов // Материалы VII Международной научно-практической конференции (28 февраля 2011г.) / Под ред. д-ра пед. наук Гребенщикова Г. Ф. – М. : Компания Спутник +, 2011. – С. 399-402.
5. Віртуальні лабораторні комплекси для навчального процесу і наукових досліджень: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.picad.com.ua/0408/0408.htm>.

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Л. М. Матвеева^{1α}, С. Е. Носиков^{2β}

¹ Россия, г. Уфа, Башкирский государственный университет

² Россия, г. Уфа, Станция юных техников

^α MatveevaLM@mail.ru

^β nosseev@rambler.ru

Проблема совершенствования образования вечная. Каждый новый виток развития науки требует соответствующего отражения её открытий в учебном процессе в системе современного образования молодежи.

Фундаментальные теории, такие как теория упругости и взаимосвязанная с ней теория колебаний должны занимать исключительно важное место по содержанию в программах физического образования в вузах. Однако, в учебной литературе по курсу общей физики вузов некоторые темы представлены сжато и недостаточно связаны с практическими применениями.

Изучение основополагающих тем курса физики опирается на принципы дидактики, в том числе, на культурно-историческую направленность открытий законов и их приложений.

В 1660 г. Робертом Гуком (R. Hooke) был сформулирован закон упругости, названный впоследствии законом Гука. Он экспериментально установил в известных пределах зависимость между напряженным состоянием и деформацией упругого тела. В простейшей форме для случая растяжения или сжатия закон имеет вид: $F = -k \Delta l$.

Опытным путём можно проверить справедливость закона Р. Гука.

Например. Если стержень растянут (или сжат) постоянными продольными силами F , то его удлинение l выражается формулой:

$$\Delta l = F l / ES,$$

где Δl – абсолютное удлинение (укорочение) стержня длиной l ;

S – площадь поперечного сечения стержня;

E – модуль упругости (модуль Юнга).

В случае растяжения или сжатия в трёх направлениях (объёмное напряженное состояние) закон Р. Гука устанавливает линейную зависимость между составляющими тензора напряжений и составляющими тензора деформаций в данной точке изотропного упругого тела [1, 500].

Физический смысл модуля Юнга, определяемого по формуле

$$E = F \Delta l / S,$$

состоит в следующем. Если предположить, что $\Delta l = 1$, $S = 1$, то получим численно $E = F$, т.е. модуль упругости вещества, из которого сделан стержень, равен отношению силы, растягивающей вдвое стержень, к

площади поперечного сечения стержня. E измеряется в единицах давления [Па]. Численное значение E является предупреждающим, т.к. ни одно упругое изотропное тело нельзя удлинить (или сжать) в 2 раза (кроме резинового жгута), оно обязательно разрушится.

Все виды деформации твердого тела: растяжение, сжатие, изгиб, кручение сводятся к двум: растяжению, сжатию. На примере изгиба горизонтального стержня видно, что одновременно присутствует одностороннее растяжение верхней его части, и – сжатие нижней части. Очевидно, что средняя часть стержня почти не деформируется. Это обстоятельство учитывается при конструировании различных устройств в технике и находит отражение в природе. Некоторые детали конструкций, работающих на изгиб, делают полыми, облегченными, без ущерба для них в прочности. В природе стебли многих растений, кости птиц, человека имеют трубчатое строение [2, 37].

С теорией упругости тесно связана теория колебаний.

Коэффициент упругости k на практике можно определить двумя способами: статическим и динамическим. При статическом способе на цилиндрическую пружину подвешиваются разные грузы, и определяется соответственно деформация растяжения, затем вычисляется k .

Динамическим способом используются колебания пружины также под действием различных грузов. Фиксируя время t , N колебаний, вычисляем их период $T = N/t$, а затем коэффициент упругости по формуле $k = 4\pi m/T^2$. При правильном проведении эксперимента значения k должны иметь близкие значения [3].

Коэффициент упругости k на основе теории колебаний определяется на практике так: $k = m \omega^2$, где m – масса груза, подвешенного на крючок пружины, ω – циклическая частота колебаний груза на пружине, $\omega = 2\pi/T$.

Закон Р. Гука в таком случае запишется: $F = -k \Delta l = -m \omega^2 \Delta l$.

При упругих колебаниях выполняется закон сохранения механической энергии. Энергию деформированного упругого тела также называют энергией положения или потенциальной энергией (ее называют чаще упругой энергией), так как она зависит от взаимного положения частей тела, в частности, витков пружины. Работа, которую может совершить растянутая пружина при перемещении ее конца, зависит только от начального и конечного растяжений пружины. Вычислим работу, которую может совершить растянутая пружина, возвращаясь к нерастянутому состоянию, т.е. найдем упругую энергию растянутой пружины. Пусть, например, растянутая пружина закреплена одним концом, а второй конец, перемещаясь, совершает работу. При нахождении работы мы должны учитывать, что сила, с которой действует пружина, не остается по-

стоянной при изменении растяжения. По мере сокращения пружины эта сила убывает от значения $k\Delta l$ до нуля пропорционально величине деформации, т.е. зависимость между F и Δl является линейной. Только в таких случаях среднее значение переменной величины равно среднему арифметическому ее начального и конечного значений. Значит, среднее значение силы равно $F_{cp} = k \Delta l / 2$. Можно показать, что для вычисления работы A , изменяющейся силы упругости, нужно это среднее значение силы умножить на величину перемещения: $A = k\Delta l \cdot \Delta l / 2 = k\Delta l^2 / 2$. Таким образом, потенциальная энергия упругой деформации равна: $E_n = k\Delta l^2 / 2$.

Очевидно, что, растягивая с одной и той же силой разные пружины, мы сообщим им различный запас потенциальной энергии: чем жестче пружина, т. е. чем больше коэффициент упругости, тем меньше потенциальная энергия; и наоборот: чем мягче пружина, тем больше энергия, которую она запасет при данной силе, растянувшей ее. Понятно также, что при одинаковых действующих силах растяжение мягкой пружины больше, чем жесткой, а потому больше и произведение силы на путь точки приложения силы, т. е. работа силы. Данную закономерность необходимо учитывать, например, при устройстве различных рессор и амортизаторов: при посадке на землю самолета амортизатор шасси, сжимаясь, должен произвести большую работу, погашая вертикальную скорость самолета. В амортизаторе с малой жесткостью сжатие будет больше, зато возникающие силы будут меньше и конструкция самолета будет лучше предохранена от повреждений. По той же причине при тугой накачке шин велосипеда дорожные толчки ощущаются резче, чем при более слабой.

В качестве одного из примеров практического применения упругих свойств материалов рассмотрим *пружинный двигатель*, который используется как в переносных, так и в стационарных часах.

Пружинные двигатели построены на принципе использования энергии, сообщаемой ленточной пружине при ее заводе и постепенно отдаваемой механизму при ее освобождении (ропуске). Действие заводных пружин основано на том, что изгибающий момент пружины в плоскости, перпендикулярной ее оси, преобразуется в крутящий момент при ропуске. Закручивая пружину вокруг валика заводного механизма, увеличивают ее изгибающий момент, и при этом ей сообщается потенциальная энергия. Пружинные двигатели, называемые иначе заводными механизмами, получили очень широкое применение в игрушках благодаря сравнительной простоте конструкции, доступности массового производства (штамповка и несложная механическая обработка на станках), небольшим размерам при достаточно большой мощности, возможности регулировать скорости в довольно широких пределах и возможности

менять направление вращения. Недостатками же заводных механизмов являются частые обрывы пружин и относительно быстрый износ зубцов шестерён. Пружинные двигатели применяются не только для металлических, но и для деревянных и пластмассовых игрушек. Наряду с ними производятся также заводные двигатели, детали которых целиком или частично изготовлены из пластмассы.

Литература

1. Физический энциклопедический словарь : в 5 т. – Том первый. А-Д. – М. : Советская энциклопедия, 1960. – 664 с.
2. Грабовский Р. И. Курс физики / Р. И. Грабовский. – СПб., М., Краснодар : Лань, 2005. – 608 с.
3. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов-биологов / Составители : Сагитова Ч. Х., Назмутдинов Ф. Ф. – Уфа : Изд. БГУ, 2007. – 48 с.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗАСТОСУВАННЯ ФОРМУЛ АМПЕРА І ГРАССМАНА

О. В. Мерзликін, О. А. Коновал

Україна, м. Кривий Ріг, Криворізький національний університет
olexandrm@ukr.net

Фізика, як і будь-яка інша природнича наука, не має безпосереднім об'єктом свого дослідження природу як таку. Адже такий об'єкт був би надзвичайно складним і працювати з ним було б принципово неможливо. Тому задля адекватного опису навколишнього середовища в фізиці та в інших науках створюють моделі, які з достатньою мірою точності здатні описати ті чи інші явища. Зазвичай такі моделі створюються на основі експериментальних даних. Не виключена також ймовірність створення моделей, що в недостатній мірі відповідають фізичній дійсності чи зовсім їй не відповідають. Такі моделі в процесі розвитку науки або відкидаються взагалі, або уточнюються, або набувають нові межі застосування.

Цікавим є той факт, що історія фізики знає приклади, коли на засадах, як виявлялося згодом, невірної теорії були отримані результати, що відповідають дійсності. Так, Саді Карно і Бенуа Клапейрон проводили свої досліди і робили відкриття, дотримуючись теорії теплечю, а Огюст Френель, ефективно працюючи зі світлом, був прибічником теорії світлоносного ефіру, причому результати, отримані ними, відповідають сучасним уявленням про фізику, а знайденими ними співвідношеннями користуються й досі [1].

У зв'язку з цим цікавим видається дослідження формули [2]:

$$\vec{F}_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 i_2 \left\{ \frac{3}{R_{12}^5} (\vec{dS}_1, \vec{R}_{12}) (\vec{dS}_2, \vec{R}_{12}) - \frac{2}{R_{12}^3} (\vec{dS}_1, \vec{dS}_2) \right\} \vec{R}_{12}, \quad (1)$$

що виражає взаємодію між струмами, відкритої Ампером в 1820 році [1], з позицій сучасної фізики.

Актуальність теми. Дане дослідження може покращити розуміння деяких аспектів методології науки, надати відомості про можливості застосування формули Ампера, а також помітно поліпшити методику вивчення електродинаміки для студентів ВНЗ фізичних спеціальностей.

Мета роботи. Порівняти результати розрахунків сили взаємодії провідників зі струмом, отримані за допомогою формули Ампера та виходячи з позицій сучасної фізики.

Завдання дослідження. Використовуючи формулу Ампера (1), виконати розрахунки сили магнітної дії струмів для таких систем:

– нескінченно довгий прямолінійний провідник зі струмом та елемент струму (рис. 1);

– два паралельні прямолінійні провідники однакової кінцевої довжини b (рис. 2);

– два контури зі струмом квадратної форми, що лежать в паралельних площинах і є симетричними відносно паралельної їм площини, рівновіддаленої від кожного з цих контурів (рис. 3).

Порівняти дані, отримані для вищезазначених систем за допомогою формули (1), з результатами обчислень, зробленими з використанням уточненої формули Ампера-Грассмана [2; 3]:

$$\vec{F}_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 i_2 \frac{1}{R_{12}^3} \left[\vec{dS}_2, \left[\vec{dS}_1, \vec{R}_{12} \right] \right], \quad (2)$$

яка найкраще узгоджується з експериментами та відповідає сучасним уявленням про магнітну взаємодію струмів.

Результати. Виконавши обчислення для системи, зображеної на Рис. 1, ми побачили, що згідно формули Ампера (1), на елемент струму \vec{di}_2 з боку паралельного йому прямолінійного провідника нескінченної довжини зі струмом i_1 , напрямком якого співпадає з напрямком струму i_2 , діє сила абсолютної величини $|\vec{F}_1|$:

$$|\vec{F}_1| = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i_1 i_2}{a} dS_2, \quad (3)$$

напрявлена перпендикулярно до елемента \vec{di}_2 в бік провідника зі струмом i_1 . У випадку ж, коли струми i_1 та i_2 антипаралельні, напрямок сили \vec{F}_1 змінюється на протилежний. Дані, отримані для цієї системи, виходячи з формули Ампера — Грассмана (2) і за абсолютною величиною, і за напрямком збігаються з тими, що дає нам формула Ампера (1).

Згідно з формулою Ампера, на прямолінійний провідник зі струмом i_2 довжиною b з боку паралельного йому прямолінійного провідника такої ж довжини зі струмом i_1 , напрямком якого співпадає з напрямком струму i_2 , діє сила величини (4), спрямована перпендикулярно до цього провідника в бік першого. У випадку антипаралельних струмів i_1 та i_2 , напрямок сили \vec{F}_2 буде протилежним.

$$|\vec{F}_2| = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i_1 i_2}{a} \frac{b^2}{\sqrt{a^2 + b^2}}. \quad (4)$$

Розрахунки, зроблені на основі формули (2), дають такий же результат щодо напрямку сили \vec{F}_2 , але абсолютне значення цієї сили буде іншим:

$$|\vec{F}_2| = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i_1 i_2}{a} \left(\sqrt{a^2 + b^2} - a \right). \quad (5)$$

Враховуючи симетрію задачі, вона зводиться до знаходження сили, з якою будь-який провідник першого контуру (наприклад, BC) діє на кожен провідник другого ($A'B'$, $B'C'$, $C'D'$ та $A'D'$). Розглядаючи попарно взаємодії між провідниками BC і $A'D'$ та AD і $B'C'$; BC і $A'B'$ та BC і $C'D'$; BC і $A'B'$ та AD і $A'B'$; BC і $C'D'$ та AD і $C'D'$, побачимо, що ненульовою проекцією сили \vec{F}_3 , з якою перша рамка діє на другу, буде лише її проекція на вісь OY .

Отже сила \vec{F}_3 буде напрямлена вздовж вісі OY у бік її збільшення у випадку, коли струми i_1 та i_2 співнаправлені, і в протилежний бік, якщо i_1 та i_2 антипаралельні. Абсолютне значення сили \vec{F}_3 визначатиметься за формулою:

$$|\vec{F}_3| = 2 \frac{\mu_0}{\pi} i_1 i_2 \left(\frac{2a^2 + b^2}{a\sqrt{a^2 + b^2}} - \frac{a}{a^2 + b^2} \sqrt{a^2 + 2b^2} - 1 \right). \quad (6)$$

Дані, отримані для цієї системи на основі формули Ампера-Грассмана (2), повністю збігаються з тими, що дає нам формула Ампера (1).

Висновки. Вираз (3) для сили, що діє на елемент струму з боку паралельного йому прямолінійного провідника нескінченної довжини (див. рис. 1), розрахований за формулою Ампера (1), повністю співпадає з результатами, отриманими на базі сучасних уявлень. Для випадку ж взаємодії прямолінійних струмів кінцевої довжини (див. рис. 2) формули Ампера і Ампера-Грассмана дають різні результати. Значення сили, яка діє з боку однієї квадратної рамки зі струмом на іншу (див. рис. 3), отримані за допомогою формул Ампера та Ампера-Грассмана збігаються як за напрямком, так і за абсолютним значенням. На перший погляд такий результат здається досить дивним, адже формули (1) і (2) суттєво відрізняються одна від одної як за величиною, так і за напрямком.

Напрями можливих подальших досліджень. З огляду на отриманий

результат виникає питання перевірки формули Ампера для замкнутих струмів довільної форми. Є підстави вважати, що і для взаємодії контурів довільної форми, формула Ампера дасть вірні результати. Це можливо, якщо величина, на яку вона відрізняється від формули Ампера-Грассмана при інтегруванні по замкнутому контуру дорівнюватиме нулеві. Тобто, може виявитись, що для випадку замкнутих струмів (слід зазначити, що за часів Ампера лише вони були доступними для дослідження [1]) цілком правомірним буде використання формули Ампера (1), що може спростити розв'язування деяких задач.

Література

1. Спасский Б. И. История физики : в 2 т. / Б. И. Спасский. – Т. 1. – М. : Высшая школа, 1977 – 320 с.
2. Тамм И. Е. Основы теории электричества. / И. Е. Тамм. – [9-е изд., испр.]. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1976. – 616 с.
3. Коновал О. А. Основи електродинаміки : [навч. посіб для студ. вищ. пед. навч. закл.] / О. А. Коновал ; Міністерство освіти і науки України ; Криворізький державний педагогічний університет. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2008. – 347 с.

ПЕРШИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ У КУРСІ ФІЗИКИ ВНЗ

І. О. Мороз

Україна, м. Суми, Сумський державний педагогічний університет
імені А. С. Макаренка
morozeitf@mail.ru

Перший закон термодинаміки, як відомо, є проявом закону збереження енергії, стосовно до теплових процесів. Закон збереження енергії має загальний характер. Він справедливий для всіх без виключення процесів, що відбуваються в природі, і є найбільш загальним критерієм правильності будь-якої теорії. Загальна кількість енергії в ізольованій системі тіл і полів завжди залишається постійною, енергія лише може переходити із однієї форми в іншу. Цей факт є проявом збереження матерії та її руху і обумовлений властивостями простору (опосередковано) та часу (явно). Але у навчальній літературі та при викладенні цього закону у лекційних курсах ВНЗ основна увага приділяється фізичному змісту понять (внутрішня енергія, кількість теплоти та робота в термодинамічному процесі), а математичне формулювання розглядається як само собою зрозуміле твердження. Таким чином, при вивченні фізики обґрунтування першого закону термодинаміки залишається поза увагою студентів.

У даній роботі розглядається один із можливих варіантів обґрунтування першого закону термодинаміки – як наслідку властивостей простору та часу.

Розглянемо довільну систему матеріальних точок, тобто систему, в якій внутрішньою структурою та розмірами реальних тіл можна знехтувати і їх рух замінюється рухом моделей. Рух кожної такої матеріальної точки описується законами класичної чи квантової механіки. Для простоти будемо вважати частинки системи класичними (але це не звужує загальність висновків). У цій системі діють внутрішні, як консервативні, так і неконсервативні сили $\vec{F}^i(\vec{r})$, а також зовнішні (у загальному випадку – нестационарні) сили $\vec{F}^e(\vec{r}, t)$ (у неінерціальних системах відліку до зовнішніх сил слід додати сили інерції). Внутрішні консервативні сили залежать лише від взаємного розташування частинок системи. Запишемо диференціальне рівняння руху a -тої частинки системи:

$$m_a \frac{d\vec{v}_a}{dt} = \vec{F}_a^e(\vec{r}, t) + \sum_{\substack{j=1 \\ a \neq j}}^N \vec{F}_{aj, \text{кон}}^i(\vec{r}_a - \vec{r}_j) + \vec{F}_{a, \text{некон}}^i(\vec{r}_a), j=1, 2, \dots, N. \quad (1)$$

Помножимо ліву й праву частини виразу (1) на \vec{v}_a і скористаємося

очевидним співвідношенням $\vec{v}d\vec{v} = \frac{1}{2}dv^2$:

$$m_a \frac{dv_a^2}{2dt} = \vec{v}_a \vec{F}^e(\vec{r}_a, t) + \sum_{\substack{j=1 \\ a \neq j}}^N \vec{v}_a \vec{F}_{\text{кон}}^i(\vec{r}_a - \vec{r}_j) + \vec{v}_a \vec{F}_{\text{некон}}^i(\vec{r}_a), \quad j=1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

Внутрішні й зовнішні консервативні сили можна виразити через відповідні внутрішню та зовнішню потенціальну енергії:

$$\vec{F}^e(\vec{r}_a, t) = -\frac{\partial U^e(\vec{r}_a, t)}{\partial \vec{r}}, \quad \sum_{\substack{j=1 \\ a \neq j}}^N \vec{F}_{\text{кон}}^i(\vec{r}_a - \vec{r}_j) = -\frac{\partial U^i(\vec{r}_a)}{\partial \vec{r}_a} \quad (3)$$

Тоді:

$$\frac{d}{dt} \frac{m_a v_a^2}{2} = -\frac{\partial U^e(\vec{r}_a, t)}{\partial \vec{r}} \vec{v}_a - \frac{\partial U^i(\vec{r}_a)}{\partial \vec{r}_a} \vec{v}_a + \vec{v}_a \vec{F}_{\text{некон}}^i(\vec{r}_a), \quad j=1, 2, \dots, N. \quad (4)$$

Підсумуємо всі рівняння (4) за всіма частинками системи від 1 до N та змінюємо в лівій частині порядок підсумовування й диференціювання:

$$\frac{d}{dt} \sum_{a=1}^N \frac{m_a v_a^2}{2} = -\sum_{a=1}^N \frac{\partial U^e(\vec{r}_a, t)}{\partial \vec{r}_a} \vec{v}_a - \sum_{a=1}^N \frac{\partial U^i(\vec{r}_a)}{\partial \vec{r}_a} \vec{v}_a + \sum_{a=1}^N \vec{v}_a \vec{F}_{\text{некон}}^i(\vec{r}_a). \quad (5)$$

Сума в лівій частині цього рівняння є не що інше, як повна кінетична енергія системи:

$$K = \sum_{a=1}^N \frac{m_a v_a^2}{2}. \quad (6)$$

Повна потенціальна енергія механічної системи складається з двох доданків (внутрішньої та зовнішньої). Внутрішня потенціальна енергія (енергія взаємодії частинок системи) через однорідність часу не може бути явною функцією часу, тому повну потенціальну енергію можна записати таким чином:

$$U(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_N, t) = U^e(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_N, t) + U^i(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_N). \quad (7)$$

Повна похідна від цієї функції за часом дорівнює:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{\partial U}{\partial t} + \sum_{a=1}^N \frac{\partial U}{\partial \vec{r}_a} \vec{v}_a. \quad (8)$$

Підставляючи в цей вираз потенціальну енергію (7) і враховуючи що $\partial U^i / \partial t = 0$, одержуємо:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{\partial U^e}{\partial t} + \sum_{a=1}^N \frac{\partial U^e}{\partial \vec{r}_a} \vec{v}_a + \sum_{a=1}^N \frac{\partial U^i}{\partial \vec{r}_a} \vec{v}_a. \quad (9)$$

Із урахуванням останньої рівності, а також виразу (6), рівняння (5) запишемо у такому вигляді:

$$\frac{d}{dt}K = \frac{\partial U^e}{\partial t} - \frac{dU}{dt} + \sum_{a=1}^N \bar{v}_a \bar{F}_{некон}^i(\bar{r}_a). \quad (10)$$

Тоді елементарна зміна кінетичної енергії dK буде дорівнювати:

$$dK = \frac{\partial U^e}{\partial t} dt - dU + \sum_{a=1}^N \bar{v}_a \bar{F}_{некон}^i(\bar{r}_a) dt. \quad (11)$$

Останній доданок у правій частині цього рівняння є елементарною роботою неконсервативних сил:

$$\delta A_{некон} = \sum_{a=1}^N \bar{v}_a \bar{F}_{некон}^i(\bar{r}_a) dt. \quad (12)$$

Повною механічною енергією системи називається сума кінетичної й потенціальної енергій:

$$E=K+U. \quad (13)$$

У результаті маємо: елементарна зміна повної механічної енергій дорівнює:

$$d(K+U) = \frac{\partial U^e}{\partial t} dt + \delta A_{некон}. \quad (14)$$

Рівняння (14) є математичним записом теореми про зміну повної механічної енергії системи: Елементарна зміна повної механічної енергії дорівнює роботі неконсервативних сил плюс зміна потенціальної енергії системи у зовнішньому силовому полі, яка пов'язана зі зміною останньої у часі.

Зокрема, якщо неконсервативні сили відсутні, то зміна повної механічної енергії буде обумовлена виключно не стаціонарністю зовнішнього

го силового поля: $\frac{dE}{dt} = \frac{\partial U^e}{\partial t}$.

Розглянемо тепер випадок, коли в системах діють лише консервативні сили і зовнішнє поле стаціонарне, тобто: $\delta A_{некон}=0$ і $\frac{\partial U^e}{\partial t}=0$, тоді $dE=0$, або

$$E=U+K=\text{const}. \quad (15)$$

У результаті ми одержали закон збереження механічної енергії: за відсутності неконсервативних сил повна механічна енергія ізольованих та замкнутих систем, що знаходяться у зовнішніх стаціонарних полях, є величина постійна. Цей закон є явним наслідком однорідності часу і опосередкованим наслідком однорідності та ізотропності простору. Зауважимо, що при доведенні (15) були використані закони Ньютона, які є наслідком однорідності та ізотропності простору. Тому й закон збереження механічної енергії є наслідком не лише однорідності часу, але – й

вказаних властивостей простору.

Слід підкреслити, що якщо в механічних системах діють неконсервативні сили (сили тертя та опору), то повна механічна енергія системи тіл не зберігається:

$$d(U+K)=\delta A_{некон} \quad (16)$$

Узагальнимо одержані висновки.

Будемо розглядати термодинамічну систему, тобто будемо для простоти вважати, що ця система складається з дуже великої кількості безструктурних частинок, які хаотично рухаються, зіштовхуються та взаємодіють між собою й оболонкою, за допомогою якої система виділена із навколишнього середовища. Властивості оболонки, за допомогою якої система виділяється із навколишнього середовища, можуть бути дуже різноманітними. Розглянемо спочатку випадок, коли частинки не мають внутрішньої структури і система має абсолютно жорсткі стінки (об'єм та інші зовнішні параметри системи не змінюється), зіткнення молекул системи зі стінками цієї оболонки носить абсолютно пружний характер, тобто у стані рівноваги кількість енергії, яка передається оболонці від системи, дорівнює кількості енергії, яка передається від оболонки до системи (це еквівалентне тому, що система не обмінюється з оболонкою і навколишнім середовищем ні речовиною, ні енергією). Такі системи називаються ізольованими. На відміну від механічних систем тіл, у яких можлива дія неконсервативних сил (тертя, опору, внутрішнього тертя), у термодинамічній системі, що розглядається, відбувається лише взаємодія окремих структурних елементів системи (атомів, молекул) між собою та з молекулами оболонки, і ця взаємодія має абсолютно потенціальний характер, тобто на молекулярному рівні немає неконсервативних сил. Причому до цієї системи молекул, як системи матеріальних точок, можна застосувати всі висновки, які були одержані раніше. Можна зробити й більш детальний аналіз, у якому враховується внутрішня структуру молекул (чи атомів), тобто у якості структурних елементів системи можна розглядати усі частинки, з яких складаються атоми та молекули, й до руху таких частинок потрібно застосувати закони їх руху. Зрозуміло, що структурні зміни атомів та молекул і зв'язана з цим зміна енергії є результатом руху та взаємодії їх структурних елементів, і зміна структури молекул відбувається таким чином, що збільшення енергії однієї із взаємодіючих частинок обов'язково компенсується зменшенням енергії іншої частинки, тобто ні на молекулярному, ні на субмолекулярному рівнях немає неконсервативних сил. А це означає, що закон збереження повної механічної енергії (15), існування якого обумовлене властивостями часу та простору, справедливий для будь-якої ізольованої макроскопічної системи.

Таким чином, глибоке осмислення питання про збереження механічної енергії, як наслідку властивостей простору та часу, приводить до висновку про існування в природі універсального закону збереження енергії: *енергія ніколи не виникає і не зникає, вона може лише переходити із однієї форми в іншу.*

При розгляді енергії, в силу історичних причин, це поняття було розширено введенням нових її форм. Крім кінетичної й потенціальної енергії, які в сумі дають повну енергію системи, з'явилися також терміни: енергія електромагнітного поля, хімічна енергія, ядерна, теплова, внутрішня та ін. Ці терміни введені у фізику (а потім, як правило, з деяким викривленням перейшли в побут) із міркувань зручності – щоб самим терміном підкреслити форму руху матерії, які в конкретному випадку розглядаються. У дійсності в природі енергія різних видів руху та взаємодії матерії (механічного, теплового, хімічного, ядерного, електромагнітного тощо) в будь-якій її формі (частинки чи поля) – це енергія руху (кінетична енергія) й енергія взаємодії (потенціальна енергія), які в сумі, в силу однорідності часу, у замкнутій системі не змінюється з часом.

У термодинаміці (і в статистичній фізиці) закон збереження енергії формулюється у термінах, які пов'язані із специфікою процесів, що вивчаються цими науками. Такими термінами є робота в термодинамічному процесі, внутрішня енергія та кількість теплоти. Що ж до поняття теплової енергії, яке також часто зустрічається у навчальних посібниках, і особливо в науково-популярній літературі та побуті, то воно, в загальному випадку, не має фізичного змісту.

Таким чином, обгрунтування першого закону термодинаміки і пояснення його зв'язку з властивостями простору та часу має не лише евристичне але й методологічне значення, що дуже важливе для формування фізичного світогляду студентів.

СТАТИСТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДРУГОГО ЗАКОНУ ТЕРМОДИНАМІКИ У КУРСІ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

І. О. Мороз, О. В. Яременко, Л. О. Яременко
Україна, м. Суми, Сумський державний педагогічний університет
імені А. С. Макаренка
morozeitf@mail.ru

Елементи термодинаміки, включаючи другий закон термодинаміки, в курсах загальної фізики вивчаються на першому курсі, тобто в період, коли у студентів уже сформовані достатньо чіткі уявлення про молекулярно-кінетичну будову речовини, але теоретична підготовка та математичний апарат ще не достатні для глибокого осмислення змісту другого закону термодинаміки.

Другий закон термодинаміки математично записується у вигляді:

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \text{ і формально включає в себе два твердження:}$$

– всяка термодинамічна система володіє однозначною і адитивною функцією стану – ентропією;

– оборотні (квазістатичні) процеси в ізольованій системі відбуваються без зміни ентропії, а необоротні – із зростанням ентропії.

Таким чином, другий закон у рамках термодинаміки має абсолютно категоричне трактування: він забороняє протікання процесів, які в адіабатично ізольованій системі відбуваються самі по собі без зростання ентропії і ця формальна категоричність, як і саме поняття ентропії, у студентів-першокурсників залишає без відповіді багато питань.

В даній роботі пропонується один із можливих варіантів обґрунтування статистичного змісту другого закону термодинаміки, який, на наш погляд, може бути розглянутий на початковому етапі вивчення загальної фізики і допоможе студентам зрозуміти зміст цього закону.

Розглянемо деяку макроскопічну систему. Нехай вона знаходиться у рівноважному стані, тоді цей стан характеризується невеликим числом термодинамічних параметрів (тиск, температура, об'єм, напруженість зовнішнього силового поля тощо). Сукупність цих параметрів називається макростаном. У випадку, коли система не знаходиться у стані термодинамічної рівноваги, її завжди можна уявно розбити на достатньо малі, але ще макроскопічні області, у межах яких можна знехтувати відмінністю параметрів стану і говорити про макростан такої макроскопічної частини загальної не рівноважної системи. Якщо змінюються макропараметри стану, то ми говоримо, що відбувається термодинамічний процес. Термодинамічний метод дослідження не може розкрити меха-

нізм переходу системи від одного стану до іншого. З точки зору цього методу перехід від одного стану до іншого можливий лише у тому випадку, якщо при цьому не порушується баланс енергії і оборотні процеси в ізольованій системі можуть відбуватися так, щоб ентропія системи залишилась незмінною, а необоротні – здійснюються із зростанням ентропії.

В основі статистичного методу дослідження макроскопічних систем лежить (повністю доведене експериментально) твердження, що всі тіла складаються із молекул (атомів, або других мікроскопічних структурних елементів), які знаходяться у безперервному й хаотичному русі і взаємодіють між собою (окремий випадок – ідеальний газ, це модель системи, у якій взаємодією структурних елементів між собою можна знехтувати). Будь-який процес у системі відбувається внаслідок руху і взаємодії структурних елементів, які в подальшому будемо називати молекулами. Причому для простоти молекули будемо розглядати як матеріальні точки, які не мають внутрішньої структури. Стан кожної такої структурної частинки системи – молекули визначається лише її положенням у системі і тим, як вона рухається, тобто – її координатами (x, y, z) та проекціями імпульсу (p_x, p_y, p_z). Зрозуміло, що у даний момент часу значення цих величин для різних молекул різне. Сукупність усіх величин, які характеризують всі молекули системи у даний момент називається її мікростаном. У наслідок руху та взаємодії молекул координати та проекції імпульсу окремих молекул змінюються. Отже даному макростану (як рівноважному, так і не рівноважному) відповідає велике число мікростанів. Причому ці мікростани не мають переваги один над одним, тобто вони настають із однаковою ймовірністю.

Сукупність мікростанів, за допомогою яких може реалізуватись даний макростан системи, називається термодинамічною ймовірністю (W) системи. Якщо розглядати два можливі макростани системи, які можуть реалізовуватись різною кількістю мікростанів, то, враховуючи рівноправність останніх, можна стверджувати, що більшу частину часу система буде перебувати у стані, якому відповідає більше число мікростанів, тобто такий стан є більш ймовірним. Тут на простих прикладах (типу кидання монети) можна якісно сформулювати поняття математичної ймовірності. Таким чином, приходимо до висновку, що чим більшою являється термодинамічна ймовірність (W) даного стану системи, тим більша математична ймовірність (ω) того, що система буде перебувати у даному стані. Якщо з цієї точки зору розглядати необоротні процеси, які відбуваються самі по собі в адіабатично ізольованій системі і переводять систему із нерівноважного стану у більш рівноважний, то їх можна розглядати як перехід системи від менш ймовірного до більш ймовірного

стану і, отже, найбільш ймовірний стан системи – це стан термодинамічної рівноваги, у якому необоротні процеси закінчуються і в ньому стають можливі лише оборотні процеси, а термодинамічна ймовірність досягає максимального значення.

Студентам уже відомо, що необоротні процеси відбуваються із зростанням ентропії системи до максимуму. Отже між ентропією і термодинамічною ймовірністю повинен існувати зв'язок. На існування такого зв'язку вперше вказав Больцман. Щоб записати відповідну залежність зазначимо наступне. Для математичної ймовірності справедлива теорема множення ймовірностей, яку часто використовують у фізиці (на відомих прикладах можна продемонструвати цю теорему). Згідно з цією теоремою, ймовірність складної події $(a+b)$, яка реалізується шляхом здійснення незалежних простих подій (a) і (b) , дорівнює добутку ймовірностей цих простих незалежних подій:

$$\omega_{(a+b)} = \omega_{(a)} \cdot \omega_{(b)}. \quad (1)$$

Якщо макроскопічну систему уявно розділити на дві частини (A) і (B) , то, як доводиться у статистичній фізиці, термодинамічна ймовірність заданого макростану всієї системи дорівнює добутку термодинамічних ймовірностей окремих підсистем (A) і (B) :

$$W_{(A+B)} = W_{(A)} \cdot W_{(B)}, \quad (2)$$

тобто для термодинамічної ймовірності, як і до математичної, справедлива теорема множення ймовірностей (про величини, які описуються рівностями, аналогічними (1), говорять, що вони є мультиплікативними). Це пояснюється тим, що підсистеми взаємодіють між собою лише завдяки молекулам, які знаходяться у дуже тонкому прошарку, що відділяє ці підсистеми. А таких молекул дуже мало в порівнянні з загальним числом молекул у підсистемах. Тому термодинамічні стани підсистем (A) і (B) є практично незалежними.

Отже, між математичною й термодинамічною ймовірністю повинна існувати лінійна залежність. Як відомо, при необоротних процесах ентропія зростає, причому, як і термодинамічна ймовірність – до максимуму у стані рівноваги. Тобто є аналітична залежність і між ентропією та термодинамічною ймовірністю. Проте між ентропією та термодинамічною ймовірністю не може бути простої лінійної залежності, тому що остання являється мультиплікативною величиною, а ентропія – адитивною. Для пошуку виразу, який пов'язує ці величини скористаємося адитивністю ентропії $S_{(A+B)} = S_{(A)} + S_{(B)}$ та теоремою про множення ймовірностей).

Візьмемо логарифм від обох частин рівності (2), опускаючи при цьому індекси, які відносяться до всієї системи:

$$\ln W_{(A+B)} = \ln W_{(A)} + \ln W_{(B)}. \quad (3)$$

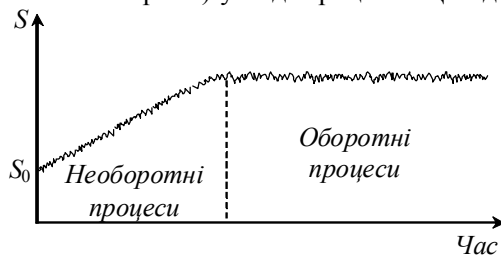
Цей вираз говорить про те, що логарифм від мультиплікативної величини, як і ентропія, є величиною адитивною. Враховуючи те, що у ході самовільних процесів у адіабатичній системі і ентропія й термодинамічна ймовірність (і її логарифм) одночасно зростають до максимуму, можна стверджувати, що між ентропією і логарифмом термодинамічної ймовірності існує лінійний зв'язок, який можна записати у наступному вигляді: $S \sim \ln W$. Оскільки при необоротних процесах відбувається перехід системи від станів менш ймовірних до станів більш ймовірних, то останній вираз визначає не лише ентропію у статистичному змісті, але – й закон її зростання.

Коефіцієнт пропорційності, який потрібно записати, щоб останній вираз перетворився у рівність, повинен мати розмірність ентропії, тобто це може бути теплоємність або стала Больцмана. Більш детальний аналіз, що у останньому виразі потрібно в якості коефіцієнта пропорційності між ентропією й термодинамічною ймовірністю вибрати сталу Больцмана. Тому можемо записати одну із найважливіших формул статистичної фізики – формулу Больцмана:

$$S = k \ln W, \quad (4)$$

яка є математичним записом другого закону термодинаміки у статистичній його трактовці. Можна показати, що ентропія (4), яка введена на основі статистичних положень, співпадає із термодинамічною ентропією $\left(dS \geq \frac{dQ}{T} \right)$.

Таким чином, на відміну від термодинаміки, у якій другий закон дає категоричне заперечення процесів, які в адіабатичній системі могли б іти самі по собі без росту ентропії, статистичне його трактування допускає можливість таких процесів. Дійсно, як свідчить досвід, у будь-якому стані системи можуть бути відхилення від середнього значення будь-якого параметра і – від монотонності зміни значення параметрів (у тому числі й ентропії) у ході процесів. Ці відхилення називають флуктуаціями.



Тому в статистичній трактовці другий закон термодинаміки формулюється менш категорично. З цієї точки зору найбільш ймовірним ходом необоротних процесів в ізольованій системі є процеси із зростанням ентропії. Це твердження не заперечує можливість процесів, у яких ентропія може зменшуватися.

Рис. 1. Зміна ентропії при переході системи від нерівноважного до рівноважного стану

ватись. Тому реально графік зміни ентропії системи з часом схематично можна зобразити так, як показано на рис. 1. Можна показати, що величина відносних флуктуацій термодинамічних параметрів пропорційна величині $1/\sqrt{N}$, де N – число частинок. Таким чином, у системах з великою кількістю частинок, які і є предметом вивчення термодинаміки та статистичної фізики, флуктуації дуже малі, а значить флуктуації, які можливо експериментально зафіксувати, зустрічаються надзвичайно рідко, що й узгоджує категоричне трактування другого закону в рамках термодинаміки з ймовірнісною – у рамках статистичної фізики.

У системі з малим числом частинок відхилення від середніх значень (флуктуації) значні і такі системи термодинаміка не розглядає. Нижньою межею законів термодинаміки є система з малою кількістю частинок. Такі системи вивчає механіка. Верхньою є достатньо великі макросистеми, які піддаються лабораторним дослідженням. Тому закони термодинаміки поширювати на системи астрономічних масштабів, тим більше – на весь Всесвіт у цілому не можна. Якщо це зробити, то ми зіткнемося з проблемою так званої теплової смерті Всесвіту.

При розгляді статистичного змісту другого закону термодинаміки і обговоренні графіка, схематично зображеного на рис. 1, необхідно наголосити, що термодинаміка однозначно стверджує про єдино можливий процес у нерівноважно ізольованій системі – необоротний процес переходу в рівноважний стан. Статистична трактовка допускає можливість самовільного переходу системи в ще більш нерівноважний стан. Для пояснення цього протиріччя розглянемо, до яких можливих практичних наслідків воно може привести. Нехай є посудина, уявно розділена на дві рівні частини. Ймовірність того, що одна із молекул знаходиться у вибраній частині посудини, дорівнює $1/2$. Тоді ймовірність того, що всі N молекул одночасно будуть в одній половинці, буде дорівнювати $(1/2)^N$. Ця величина практично нескінченно мала, якщо кількість частинок N велика. Реальні системи містять число частинок, порівнянне з числом Авогадро і зрозуміло, ймовірність того, що всі молекули можуть зібратися в одній половинці посудини, буде надзвичайно малою. Можна зробити розрахунок не лише для такої великої флуктуації, але і для дуже малої, наприклад, для самовільного стиснення газу на 10^{-12} свого об'єму. І в цьому випадку ймовірність такого переходу буде надзвичайно малою. Отже, згадана вище суперечність термодинамічного і статистичного тлумачення другого закону термодинаміки має скоріше символічне, ніж практичне значення.

Запропоновані методичні міркування, на погляд авторів, будуть корисними при поясненні і вивченні законів термодинаміки.

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ У ЛАБОРАТОРНИХ РОБОТАХ З АСТРОФІЗИКИ

В. О. Ніжегородцев
Україна, м. Київ, Національний педагогічний університет
імені М. П. Драгоманова
nizhegorodcev@ukr.net

На сьогодні комп'ютери стали вже необхідними засобами і в сфері навчання фізики, астрофізики та астрономії. У процесі викладання цих навчальних предметів вчитель цілком адаптувався до змін в інформаційному просторі і успішно проводить свою професійну діяльність з використанням комп'ютерних інформаційних технологій.

Курс астрономії та астрофізики, що увійшли до курсу сучасної підготовки вчителя фізики, істотно відрізняються від інших галузей природознавства. З позицій сучасної науки саме завдяки цим розділам природознавства створюється наукова картина світу – система уявлень про найзагальніші закони будови і розвитку Всесвіту та його окремих частин і ця наукова картина світу, більшою чи меншою мірою, стає елементом світогляду кожної людини.

Система методичної підготовки майбутнього вчителя фізики та астрономії являє собою багатобічну систему, що поєднує відносно самостійні, але взаємопов'язані системи підготовки. Сучасний вчитель фізики повинен уміти сприймати, аналізувати, обробляти, застосовувати та оцінювати різну інформацію, яка до нього надходить не тільки в межах освітнього середовища, а й суспільного життя.

Перехід до компетентнісного підходу в освіті зумовив розвиток ефективного використання знань та інформації у системі підготовки сучасних вчителів фізики та астрономії. У вищих педагогічних навчальних закладах впроваджуються нові технології навчання з фізики, астрофізики, астрономії та з багатьох інших наук.

На даний час в освіті вже склалося інформаційне середовище і в ньому необхідно знайти своє місце вчителю. Оволодіння вчителем новими інформаційними технологіями дозволяє відкрити нові можливості викладання предмету з максимальною ефективністю використання інформаційно-комунікаційних технологій [3, 300].

Готуючись до уроку сучасний вчитель фізики та астрономії визначає методи вивчення нового матеріалу, перевірки знань й умінь; підбирає демонстраційний експеримент, комп'ютерні інформаційно-комунікаційні засоби навчального призначення та засоби наочності; від-

бирає завдання і вправи.

Одним із шляхів підвищення рівня професійної підготовки вчителів фізики з астрономії є удосконалення організації лабораторних робіт, які повинні інтегрувати сформовані практичні вміння та навички й теоретико-методологічні знання в єдиний процес діяльності навчально-дослідного характеру (інструменталізація отриманих знань), забезпечувати успішне оволодіння технікою та методикою експерименту (спостереження) [1, 44].

Сучасним аспектам по впровадженню інформаційних технологій у навчальний процес висвітлено багатьма дослідниками: Н. В. Морзе, Ю. С. Рамським, М. І. Жалдаком, С. А. Раковим та іншими. Питання активізації пізнавальної діяльності в процесі навчання висвітлені у працях А. М. Алексюка, Г. О. Атанова, Ю. К. Бабанського, Т. В. Габай, Н. Ф. Тализіної та інших.

Метою даної статті є представлення можливості використання Інтернет-технологій в навчальній діяльності студентів при ознайомленні з утвореннями в фотосфері Сонця та їх динамікою при кількісних дослідженнях в курсі астрофізики.

Пошук і здобуття необхідної інформації з глобальної комп'ютерної мережі Інтернет вимагає використання комунікаційних технологій користувачу. У будь-якому випадку окрім використання певних апаратних і програмних засобів необхідно знати і уміти застосовувати певні інформаційні і комунікаційні технології [4, 16].

На сьогодні візуальні спостереження небесних світил проводяться дуже рідко. Більш ефективними виявилися фотографічні й фотоелектричні методи спостережень. Можливості фотографічного методу дійсно цікаві: адже при тривалому фотографуванні кількість квантів, поглинених фотоемульсією, зростає, а це дозволяє більш якісніше вивчити астрономічні об'єкти.

За останні роки усе більше поширеним є дослідження небесних об'єктів за допомогою комп'ютерних засобів, адже така робота не тільки дозволяє легко зафіксувати зображення, що передається з телескопа, а й в комфортних умовах легко та якісно обробити результати спостережень, отриманих навіть від слабких небесних об'єктів.

Величезний вигреш у часі фотографування слабких об'єктів дають комп'ютерні Інтернет-технології в яких застосовуються результати потужних телескопів світу, зокрема даних отриманих з астрономічних серверів NASA. На сьогодні використання таких технологій стало дуже перспективним з впровадженням он-лайн режиму отримання даних.

Астрофізика та астрономія – наука експериментальна. Вивчення їх важко представити без лабораторних робіт. На жаль, оснащення астро-

фізичних лабораторій та кабінетів астрономії не завжди дозволяє провести програмні лабораторні роботи, не дозволяє ввести нові роботи, які вимагають більш складного устаткування.

На допомогу вирішення таких проблем і приходять використання даних з глобальної мережі Internet. Вибір такого інструментарію дає додаткові функціональні можливості щодо використання сучасних інформаційних технологій у навчальному процесі вищих навчальних закладів.

Широке використання засобів інформаційних технологій у самостійній (позааудиторній) роботі студентів сприяє наближенню навчальної діяльності до дослідницької, конструкторської, подоланню розриву між навчальною та професійною діяльністю [2, 323].

Для прикладу представляємо використання Інтернет-технологій в одній з лабораторних робіт курсу астрофізика, в якій дані з Інтернету застосовуються для визначення активності та періоду обертання Сонця.

Лабораторна робота № 1.

ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ ТА ПЕРІОДУ ОБЕРТАННЯ СОНЦЯ

1. *Мета роботи.* Навчитися одержувати фотографії Сонця та проводити візуальні спостереження за його поверхнею. Ознайомитися з геліографічною системою координат. Ознайомитися з утвореннями в фотосфері Сонця та їх динамікою. Оцінити період обертання Сонця. Оволодіти одним з методів визначення сонячної активності.

2. Робоче завдання.

1. Використовуючи телескоп одержати фотографію (або рисунок) сонячного диску, на який повинна бути відмічена доба паралель.
2. Визначити геліографічні координати фотосферних плям на диску Сонця, використовуючи ортографічну сітку.
3. Визначити число Вольфа для даного зображення Сонця.
4. Визначити період та напрям обертання Сонця за трьома парами фотосферних плям.
5. Визначити розміри трьох фотосферних плям.
6. Пояснити загальну нерівномірність яскравості поверхні Сонця.
7. Пояснити нерівномірність в структурі плями.
8. Зробити висновки.

Представлена лабораторна робота виконується студентами аудиторно з використанням вже готових до роботи даних: використовуються фотографії сонячного диску нанесені на фотографічній пластині. Оскільки на виконання фотознімків Сонця витрачається багато часу, то в лабораторній роботі використовуються вже зроблені заздалегідь фотографії Сонця.

Студенти виконавши запропоновану лабораторну роботу з астрофізики повинні скласти звіт у вигляді:

1. Протокол лабораторної роботи.
2. Фотографія сонячного диску.
3. Таблиця 1. Геліографічні координати плям.
4. Таблиця 2. Групи плям і число Вольфа.
5. Результати підрахунків розмірів трьох довільно обраних плям.
6. Результати підрахунку періоду обертання Сонця за двома парами плям, ототожненими на двох, близьких за датами експозицій фотопластинок.
7. Висновки.

Після того як студенти пройшли процедуру допуску до лабораторної роботи вони приступають до безпосереднього її виконання.

Ми пропонуємо замість роботи з одержаними фотографіями Сонця на фотопластинках FU-5 використовувати електронну версію знімків, отриману в режимі он-лайн з відповідних астрономічних сайтів, де результати досліджень постійно оновлюються.

Для виконання всіх поставлених завдань студентам пропонують під час виконання лабораторних робіт використовувати комп'ютер з налаштуваннями та виходом до глобальної всесвітньої системи комп'ютерної мережі Internet.

Оскільки робота над курсом астрофізики організовується за модульно-рейтинговою системою, то і об'єм виконаної роботи студентів протягом лабораторної роботи оцінюється шляхом покрокового виконання певних етапів. За кожен виконаний етап проробленої роботи студент отримує відповідний бал, накопичення суми балів за всі етапи роботи виражаються у середній оцінці за всю виконану та захищену лабораторну роботу.

Для виконання поставлених в робочому завданні пунктів студенти завантажують веб-переглядачі та паралельно, фіксуючи інформацію з сайту, поступово виконують всі поставлені завдання. За допомогою гіперпосилань, які представлені студентам, вони швидко та просто отримують інформацію, розміщену на багатьох веб-сторінках.

До таких веб-сторінок у роботі можуть бути запропоновані наступні гіперпосилання:

- одержання малюнків та відеофільмів з численних телескопів – <http://www.nasa.gov/>;
- одержання фотографій (або рисунків) сонячного диску – <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>;
- для визначення числа Вольфа для конкретних зображень Сонця – гіперпосилання More MDIContinuiv, використовуючи назву попере-

днього сайту;

– для визначення періоду та напрямку обертання Сонця за трьома парами фотосферних плям – <http://www.swpc.noaa.gov/SolarCycle/>;

– інші, наприклад зображення Сонця в м'яких рентгенівських променях, можна отримати з <http://sxi.ngdc.noaa.gov/>.

Всі отримані зображення студенти зберігають на носіях інформації. Коли роботу потрібно буде оформлювати – фотографії студентами роздруковуються на принтері та вклеюються у зошит для лабораторних робіт, оскільки відповідні знімки є частиною звіту про виконану роботу.

Для достовірності оцінки результатів роботи студентів по лабораторній роботі пропонується їм на знімку залишати дату проведеного дослідження та розміщеної на сайті фотографії, яка й буде співпадати з датою проведеної роботи.

Така робота студентів з використанням комп'ютера дозволяє суттєво збільшити ефективність використання навчального часу. Під час виконання таких лабораторних робіт дослідники можуть оцінювати різноманітні явища, факти, теорії, виявляючи особисту позицію щодо них, знаходить джерела інформації в Інтернет, використовувати одержані знання і вміння у нестандартних ситуаціях, розвивати ідеї використання одержаних знань, визначати програму особистої пізнавальної діяльності, узгоджуючи її з поставленими задачами.

Сучасні Інтернет-технології відкривають для студентів (зокрема студентів-фізиків) можливість швидкого доступу до професійних різних електронних ресурсів: астрономічні каталоги, бази даних спостережень, віртуальні астрономічні обсерваторії, прикладні програми навчального призначення з вивчення фізики, тощо. У мережі Інтернет розміщено багато астрономічних сайтів, електронних підручників з астрономії, астрофізики та багатьох природничих дисциплін. Сучасні астрономічні сервери дозволяють проводити спостереження затемнень Сонця чи Місяця в он-лайн режимі в будь-якій точці світу.

Реалізуючи зміст навчальних програм з астрономії та астрофізики у навчальних закладах по підготовці майбутніх учителів фізики та астрономії, сучасні викладачі повинні звернути увагу на висвітлення сучасних напрямів розвитку техніки і новітніх технологій (зокрема і Інтернет-технологій), розкриття історичних та ціннісних аспектів наук, що впливають на навколишній світ і розвиток людства з впровадження у вивчення навчальних предметів комп'ютерних інформаційно-комунікаційних засобів.

Застосування таких сучасних інформаційних Інтернет-технологій у вищих навчальних закладах, зокрема при вивченні астрофізики сприяє більш активному і свідомому засвоєнню студентами навчального мате-

ріалу з дисципліни. Таке застосування інформаційних Інтернет-технологій сприяє формуванню мотивації навчання у студентів-фізиків, стимулює ініціативність, творче мислення, розвиває уміння спільно діяти та підкоряти свої інтереси поставленим дидактичним цілям.

Використання комп'ютерів на заняттях з астрофізики перетворює роботу студентів у творчий процес та дозволяє перетворити лабораторні роботи у цікавий процес проведення віртуальних спостережень та експериментів, що є корисним у підготовці майбутніх вчителів фізики та астрономії.

Література

1. Бойко Г. М. Активізація творчої самостійності студентів під час проведення лабораторних робіт з астрофізики / Г. М. Бойко // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. Випуск 4 : в 3-х томах. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМет-АУ, 2004. – Т. 2 : Теорія та методика навчання фізики. – С. 44-49.

2. Ніжегородцев В. О. Тенденції розвитку інформатизації в освітньому просторі вищої школи / В. О. Ніжегородцев, Л. П. Войтенко // Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. Серія 5. Випуск 22 : збірник наукових праць. – К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2010. – С. 322-327.

3. Цодікова Н. О. Підготовка майбутнього вчителя фізики до використання Інтернет-технологій у професійній діяльності / Н. О. Цодікова / Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Випуск 65. Серія: Педагогічні науки : збірник. – Чернігів : ЧДПУ, 2009. – С. 300-304.

4. Угринович Н. Д. Информатика и информационные технологии : учебник для 10-11 классов / Н. Д. Угринович. – М. : БИНОМ. Лаборатория базовых знаний, 2003. – 512 с.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА ОТ ДИНАМИЧЕСКОГО К СТОХАСТИЧЕСКОМУ ОПИСАНИЮ В СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

Ю. С. Оселедчик, В. Ю. Луценко^α, Т. Н. Точилина^β
Украина, г. Запорожье, Запорожская государственная инженерная
академия

^α luc_vad@mail.ru

^β toch2008@mail.ru

Переход к усреднению состояния систем, содержащих большое число частиц, подразумевает использование законов статистической физики и статистической термодинамики. В то же время в методической литературе и в традиционных курсах статистической физики обсуждению условий перехода в динамических системах от детерминированного поведения к стохастическому уделяется относительно мало внимания. В настоящей работе сделана попытка ввести в учебный курс статистической физики понятие случайности или стохастичности на основе последовательного перехода, учитывающего стохастизацию взаимодействия в системах с большим числом частиц.

В системах, содержащих большое число частиц, проявляются статистические закономерности, обусловленные сложным характером взаимодействия между частицами. На простейшем примере механической системы материальных точек можно продемонстрировать переход от детерминированного описания состояния системы к статистическому.

Состояние системы N материальных точек в пространстве и времени однозначно описывается заданием S значений обобщенных координат $q_i (q_1, q_2, \dots, q_S)$, где $S=3N$ – число степеней свободы, и S значений обобщенных скоростей \dot{q}_i , что позволяет установить причинно-следственную связь между событиями, то есть предсказать изменение состояния системы во времени при заданных начальных значениях обобщенных скоростей и обобщенных координат. Тем самым, $2S$ значений координат и скоростей представляют собой полный набор физических переменных, однозначно характеризующих состояние системы. Уравнения, связывающие ускорения с координатами и скоростями, называются уравнениями движения, которые для замкнутой системы материальных точек имеют вид

$$m_i \frac{d\dot{q}_i}{dt} = - \frac{\partial U(q_1, q_2, \dots, q_S)}{\partial q_i}, \quad (1)$$

где $U(q_1, q_2, \dots, q_S)$ – потенциальная энергия, зависящая только от коор-

динат системы и определяющая обобщенные силы, действующие на частицы:

$$F_i = -\frac{\partial U}{\partial q_i}. \quad (2)$$

Следовательно, интегралы движения, получаемые при решении уравнений (1), зависят от начальных условий и позволяют, в принципе, однозначно описать изменение состояния системы в пространстве и времени.

В то же время динамическое описание состояния реально осуществимо лишь для систем, содержащих небольшое число частиц. При увеличении числа частиц, когда взаимосвязь между ними чрезвычайно усложняется, решение системы уравнений движения практически невозможно. Тем не менее, несмотря на усложнение взаимодействия при увеличении числа частиц, возможно описание состояния системы, отвлеченное от микроскопических деталей взаимодействия. При этом полный набор динамических переменных становится неопределенным, а обобщенные координаты q_i, \dot{q}_i непредсказуемыми, то есть случайными.

Иными словами, в системе большого числа частиц, состояние которой, вообще говоря, описывается строгими детерминированными законами, проявляются стохастические (статистические) закономерности, подчиняющиеся вероятностным законам.

Примером стохастического поведения системы с большим числом частиц является броуновское движение макроскопических частиц в газе либо жидкости, которое описывается стохастическим уравнением Ланжевена [1; 2]:

$$\frac{dV}{dt} = -\beta V + f(t), \quad (3)$$

где β – вязкость среды, а $f(t)$ – случайно изменяющаяся, то есть флуктуирующая сила, отражающая хаотический характер столкновений движущейся частицы с молекулами газа или жидкости. Статистические свойства флуктуирующей силы, как правило, постулируются. Случайная природа флуктуирующей силы предопределяет стохастичность скоростей и координат броуновских частиц.

Тем самым, в рассматриваемой системе теряется информация о начальных значениях координат и скоростей частиц и, соответственно, уменьшается число определяемых динамических переменных.

Необходимо отметить, что невозможность определения полного набора динамических переменных является основной причиной стохастизации систем, содержащих большое число частиц, и задача статистической физики состоит в определении средних координат и скоростей час-

тиц системы, либо средних макроскопических характеристик, являющихся функциями координат, и скоростей.

В качестве примера рассчитаем среднюю скорость $\langle V \rangle$, броуновской частицы, среднеквадратичную скорость $\langle V^2 \rangle$, дисперсию скорости σ_V^2 , если флуктуирующая сила $f(t)$ представляет собой случайный процесс с заданными значениями средних

$$\langle f(t) \rangle = 0, \quad \langle f(t)f(t') \rangle = 2c\delta(t-t'). \quad (4)$$

где $\delta(\tau)$ – дельта функция, а $V(0)=0$.

Случайное значение скорости определяется решением уравнения Ланжевена (3):

$$V(t) = \int_0^t f(t') e^{-\beta(t-t')} dt', \quad (5)$$

откуда получаем квадрат скорости

$$V^2(t) = \int_0^t \int_0^t f(t') f(t'') e^{-\beta(2t-t'-t'')} dt' dt'' . \quad (6)$$

Усреднение выражений (5), (6) с учетом условия (4) дает значение искомого средних:

$$\langle V(t) \rangle = \int_0^t \langle f(t') \rangle e^{-\beta(t-t')} dt' = 0 ,$$

$$\langle V^2(t) \rangle = \int_0^t \int_0^t \langle f(t') f(t'') \rangle e^{-\beta(2t-t'-t'')} dt' dt'' =$$

$$2c \int_0^t dt'' e^{-\beta(t-t'')} \int_0^t e^{-\beta(t'-t'')} \delta(t'-t'') d(t'-t'') = \frac{c}{\beta} (1 - e^{-2\beta t})^2$$

$$\sigma_V^2 = \langle V^2 \rangle - \langle V \rangle^2 = \frac{c}{\beta} (1 - e^{-2\beta t}) .$$

Здесь учтено, что $\int_0^t f(x) \delta(x-a) dx = f(a)$.

В условиях, когда $\beta t \ll 1$, раскладывая экспоненту в ряд, имеем

$$\sigma_V^2 \cong \frac{c}{\beta} (1 - 1 + 2\beta t) = 2ct .$$

Этот результат показывает, что рассматриваемый процесс блуждания броуновских величин является нестационарным.

Методика определения средних, использованная в данном примере

предусматривает вычисление корреляторов типа $\langle f(t')f(t'')\dots f(t^{(n)}) \rangle$, для чего необходима полная информация о свойствах флуктуирующей силы, что достижимо далеко не во всех системах. Усреднение с помощью распределения вероятностей является более удобным методом статистических расчетов.

Более детальным по сравнению с броуновским стохастическим процессом Ланжевена является марковский разрывный процесс, реализующийся в ряде задач нелинейной оптики. Рассмотрим модель случайного поля, представляющего собой дискретный марковский процесс. В этой модели удастся описать статистические свойства излучения импульсных многомодовых лазеров с частично синхронизованными модами, газовых стабилизированных лазеров, лазеров на красителях и параметрических генераторов света. При построении теории взаимодействия излучения с веществом в рамках марковской модели удастся выйти в область достаточно мощных полей, интенсивность которых ограничена лишь требованием малости энергии взаимодействия с атомами (молекулами) по сравнению с расстоянием между соответствующими энергетическими уровнями. Это обстоятельство является основным преимуществом, наряду с возможностью строгого усреднения, рассматриваемой модели случайного поля.

При описании случайного поля:

$$\varepsilon(t) = A(t)\exp\{i\omega t + i\zeta(t) + i\alpha(t)\} + k.c.,$$

предполагается, что амплитуда $A(t)$, девиация частот $\zeta(t) = \int_0^t \tilde{\omega}(t')dt'$ и

фаза $\alpha(t)$ являются функциями, случайно изменяющимися во времени. Тогда совокупность различных реализаций поля $\{\varepsilon(t)\}$ образует случайный марковский процесс, особенностью которого является распространение связи между случайными реализациями только на соседние значения. Это означает, что условная плотность вероятности реализации значения поля ε_n в момент времени t_n , при условии, что в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_{n-1} реализовались значения поля $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{n-1}$, зависит только от величины ε_{n-1} , непосредственно предшествовавшей ε_n :

$$\varphi(\varepsilon_n, t_n | \varepsilon_1, t_1, \dots, \varepsilon_{n-1}, t_{n-1}) = \varphi(\varepsilon_n, t_n | \varepsilon_{n-1}, t_{n-1}).$$

Для дискретного марковского процесса характерно скачкообразное изменение во времени $\varepsilon(t)$.

Стохастическое уравнение, описывающее поле, представляющее собой чисто разрывный случайный процесс имеет вид [3]:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = f(\varepsilon, t) + z(t), \quad (7)$$

где $f(\varepsilon, t)$ – детерминированная функция, $z(t)$ – пуассоновский дельта-коррелированный процесс:

$$\langle z(t) \rangle = 0, \quad \langle z(t)z(0) \rangle = \nu \langle z^2 \rangle \delta(t),$$

где ν – частота скачков пуассоновского процесса.

При этом светоиндуцированные переходы в атомах при накачке лазерным полем со случайной флуктуирующей фазой также представляет собой стохастический процесс, напоминающий процесс Ланжевена, хотя состояния атома описываются теперь матрицей плотности, усреднение которой определяет поляризацию среды. Одночастичная вероятность распределения случайного поля ε определяется при этом уравнением Колмогорова-Феллера [3]:

$$\frac{\partial \varphi_t(\varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \varepsilon} f(\varepsilon, t) \varphi_t(\varepsilon) = \nu \int_{-\infty}^{+\infty} d\xi p(\xi) \varphi_t(\varepsilon - \xi) - \nu \varphi_t(\varepsilon), \quad (8)$$

где $p(\xi)$ – распределение случайной величины z . В стационарных условиях плотность вероятности подчиняется следующему условию

$$\varphi(\varepsilon) = \int f(\varepsilon, \varepsilon') \varphi(\varepsilon') d\varepsilon', \quad (9)$$

где $f(\varepsilon, \varepsilon')$ – условная плотность вероятности появления значения случайного поля ε , если в предыдущем скачке реализовалось значение поля ε' .

Марковское чисто разрывное поле излучения представляется при этом набором волн, параметры которых (амплитуда, фаза или частота) изменяются мгновенно и скачкообразно в случайные моменты времени, оставаясь постоянными в промежутках между случайными столкновениями.

В промежутке между случайными сбоями марковских переменных [4] эволюция матрицы плотности квантовой системы детерминирована и может быть представлена в виде:

$$\rho(t_2, t_2, \alpha_1, \alpha_2) = S(t_2, t_1, \alpha_2) \rho(t_1, \alpha_1) S^{-1}(t_2, t_1, \alpha_2),$$

где S – унитарный оператор, удовлетворяющий уравнению Шредингера:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{i}{\hbar} HS$$

где $H = -\frac{P^2}{2m} + U(r)$ – гамильтониан системы.

Если в момент $t_0=0$ начальное значение матрицы плотности $\rho(0)$, то эволюция $\rho(t)$ на временном интервале $(0, t_1)$ с постоянным значением $\alpha=\alpha_0$ определяется выражением

$$\rho(t_1, 0, \alpha_0) = S(t_1, 0, \alpha_0) \rho(0) S^{-1}(t_1, 0, \alpha_0).$$

После K изменений марковских переменных на интервале $(0, t)$ матрица плотности как случайная многомерная функция имеет вид

$$\rho(t, t_K, 0, \alpha_K, \alpha_0) = S(t, t_K, \alpha_K) S(t_1, 0, \alpha_0) \rho(t_1, \alpha_1) S^{-1}(t_1, 0, \alpha_0) S^{-1}(t, t_K, \alpha_K).$$

Если же усреднить матрицу плотности, сформировавшуюся в момент времени t , по всему множеству случайных переменных, реализовавшихся до последнего скачка, то получим распределение случайного ансамбля матриц плотности по параметру α_K при произвольных значениях параметров α , предшествовавших α_K :

$$\rho(t, \alpha_K) \varphi(\alpha_K) = \int \dots \int_{\alpha_0 \alpha_{K-1}} \rho(t, \alpha_0, \alpha_K) \varphi(\alpha_0) f(\alpha_0, \alpha_1) f(\alpha_{K-1}, \alpha_K) d\alpha_0 d\alpha_{K-1}. \quad (10)$$

Введенная таким образом парциальная матрица плотности $\rho(t, \alpha_K)$ представляет собой случайную величину (случайный процесс), отражающую отклик квантовой системы в момент времени t на марковское возмущение. Равенство (10) отражает тот факт, что скачки марковской переменной не изменяют ее распределения $\varphi(\alpha_K) = \varphi(\alpha_0) = \varphi(\alpha_i)$, а лишь перетасовывают множество $\{\alpha_K\}$.

Рассуждения, проведенные выше, соответствуют случаю, когда моменты времени, в которые происходят скачки параметра α , однозначно заданы. Так как изменения параметра α происходит случайно, в моменты времени, распределенные по закону Пуассона:

$$dP_n = \frac{1}{\tau_0^n} \exp\left(-\frac{t}{\tau_0}\right) \prod_{i=1}^n dt_i,$$

то, суммируя по числу скачков, получаем случайную матрицу плотности в момент времени t при условии, что на интервале $(0, t)$ произошло n изменений марковской переменной в моменты времени, распределенные согласно вероятности:

$$\rho(\tau, \alpha) = e^{-\frac{\tau}{\tau_0}} S(\tau, 0, \alpha) \rho(0) S^{-1}(\tau, 0, \alpha) + \frac{1}{\tau_0} \int_0^{\tau} e^{-\frac{(\tau-t)}{\tau_0}} S(\tau, 0, \alpha) \tilde{\rho}(t, \alpha) S^{-1}(\tau, t, \alpha) dt \quad (11)$$

где $\tilde{\rho}(t, \alpha) = \int_{\beta} \rho(t, \beta) \frac{\varphi(\beta)}{\varphi(\alpha)} f(\beta, \alpha) d\beta.$

Таким образом, уравнение (11) определяет статистический ансамбль случайных реализаций $\rho(\tau, \alpha)$, описывающих отклик системы на марковский шум в момент времени τ . При этом средние моменты отклика

$$\langle \rho^n(\alpha) A(\alpha) \rangle = \int \rho^n(\tau, \alpha) A(\alpha) \varphi(\alpha),$$

где $A(\alpha)$ – случайная функция марковского параметра, рассчитываются усреднением по вероятности распределения случайных переменных во

временном сечении α .

Таким образом, переход от детерминированного описания статистических систем к стохастическому осуществляется для механических систем на основе перехода от уравнений движения Ньютона к стохастическому уравнению Ланжевена и введению флуктуационных сил. Усреднение отклика на флуктуирующие силы определяется статистическими свойствами случайной силы, использовано А. Эйнштейном при рассмотрении броуновского движения. Использование стохастических уравнений позволило разработать теорию статистической нелинейной оптики и рассмотреть нелинейные оптические явления с учетом статистической природы лазерных источников света [4].

Литература

1. Хир К. Статистическая механика, кинетическая теория и стохастические процессы / К. Хир. – М. : Мир, 1976. – 600 с.
2. Кляцкин В. И. Стохастические уравнения и волны в случайно-неоднородных средах : монография / В. И. Кляцкин. – М. : Наука, 1980. – 336 с.
3. Рытов С. М. Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. Случайные процессы / С. М. Рытов. – М. : Наука, 1976. – 494 с.
4. Оселдчик Ю. С. Нелинейная спектроскопия в мощном Марковском поле : обзор / Ю. С. Оселдчик, А. И. Бурштейн // Изв. ВУЗов. Радиофизика. – 1983. – Том 26, №6. – С. 698–740.

ШЛЯХИ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ

І. В. Сальник

Україна, м. Кіровоград, Кіровоградський державний педагогічний
університет імені Володимира Винниченка
isalnyk@gmail.com

Благополуччя та процвітання суспільства в значній мірі залежать від професіоналізму спеціалістів самих різних галузей, оскільки ефективність їх праці забезпечує розвиток та підвищення якості результатів діяльності в цій сфері (змісту, засобів діяльності, виробничих операцій тощо.). Зрозуміло, що професіоналом можна стати тільки в процесі професійної діяльності. Можна стверджувати, що рівень підвищення професіоналізму пропорційний досвіду професійної діяльності. Щоб накопичити такий досвід, спеціаліст повинен бути затребуваний на ринку праці. Наявність попиту на спеціаліста – найбільш яскравий зовнішній прояв конкурентоспроможності робітника. Таким чином, умовою, що забезпечує можливість становлення професіоналізму спеціаліста, є його конкурентоспроможність. Оскільки найважливішою якістю, що обумовлює конкурентоздатність робітника, є його компетентність, то формування соціальної та професійної компетентності у майбутніх спеціалістів – найактуальніше завдання сучасної вищої школи.

Фахівці Міжнародної комісії Ради Європи (програма *Defenition and Selection of Competencies*) визначають поняття компетентності (*competency*) як здатність успішно задовольняти індивідуальні та соціальні потреби і виконувати поставлені завдання. Кожна компетентність побудована на комбінації взаємовідповідних пізнавальних ставлень та практичних навичок, цінностей, емоцій, поведінкових компонентів, знань і вмінь, усього того, що можна мобілізувати для активної дії. Окрім ключових компетенцій, які проявляються перш за все в тому, як людина сприймає й оцінює світ за межами своєї професії, виділяють інші види компетенцій, що мають безпосереднє відношення до професійної діяльності. Базові технологічні компетенції відображені в Державних освітніх стандартах та кваліфікаційних вимогах у вигляді опису специфіки діяльності.

Галузевими стандартами вищої освіти України запроваджується модель професійної компетентності фахівця, названа освітньо-кваліфікаційною характеристикою. Таким чином, компетентнісний підхід в освіті України запроваджується як обов'язковий на державному рівні.

Метою нашої статті є розкриття можливостей формування у майбутніх вчителів фізики професійних компетентностей під час вивчення професійно спрямованих дисциплін.

Сучасна ситуація суспільного розвитку актуалізувала необхідність всебічного вивчення такого феномену, як «професійна компетентність вчителя». Вчені визначають професійну компетентність як певний психічний стан, що дозволяє діяти самостійно й відповідально, як оволодіння людиною здатністю й уміннями виконувати визначені професійні функції (А. Маркова); як професійну готовність та здатність суб'єкту праці до виконання задач і обов'язків щоденної діяльності (К. Абульханова); як наявність спеціальної освіти, глибокої загальної й спеціальної ерудиції, постійне підвищення власної науково-професійної підготовки (В. Зазикін та А. Чернишова); як потенційну готовність розв'язувати задачі зі знанням справи (П. Симонов).

В. Адольф стверджує, що «професійна компетентність – це складне утворення, що вміщує комплекс знань, умінь, властивостей і якостей особистості, що забезпечують варіативність, оптимальність та ефективність побудови навчально-виховного процесу» [1, 118]. Д. Савельєв трактує професійну компетентність як здатність посадової особи успішно реалізувати (вирішувати) завдання, що відносяться до її компетенції. Близьким до такого тлумачення є визначення професійної компетентності В. Весніним, який визначає це поняття як здатність працівника якісно й безпомилково виконувати свої функції як у звичайних, так і в екстремальних умовах, успішно опановувати нові знання й швидко адаптуватися до змінних умов [2, 59]. Зв'язок професійної компетентності з властивостями та якостями особистості є характерними для поглядів на проблему Н. Яковлевої, Л. Анциферової, Д. Завалишиної, С. Рибалко [5, 6-7]. Професійну компетентність як сукупність певних ознак визначає В. Кричевський. Серед таких ознак він виділяє: наявність знань для успішної діяльності, усвідомлення значущості вказаних завдань для майбутньої професійної діяльності, набір операційних умінь, володіння алгоритмами вирішення професійних завдань, здатність до творчості у вирішенні професійних завдань [4, 67]. Вчений виділяє чотири складові професійної компетентності: функціональна (реалізація професійних знань), інтелектуальна (здатність до аналітичного мислення й комплексного підходу до виконання своїх обов'язків), ситуативна (діяльність залежно від професійної ситуації), соціальна (реалізація комунікативних та інтеграційних здібностей).

Найбільше визначень професійної компетентності, безумовно, стосується досліджень у галузі професійної педагогічної компетентності. Розглядаючи сутність професійної компетентності вчителя й враховую-

чи, що дана проблема досліджується й розробляється дослідниками не досить тривалий час, вчені наразі не прийшли до єдиного висновку. Але більшість схиляються до такого визначення: професійна компетентність учителя є інтегрованим показником його теоретичної і практичної підготовленості до виконання професійної діяльності, пов'язаної з вихованням та навчанням іншої людини.

Безумовно, таке визначення є дещо загальним, не розкриває усієї специфіки професійної діяльності вчителя, її культурологічного, творчого й дослідницького характеру. Тому, насамперед, слід урахувати соціально-педагогічну концепцію професійного становлення вчителя, яку розробив С. Вершловський [2, 12–15]. Тут автор надає перевагу таким соціально-педагогічним характеристикам особистості вчителя:

- соціальна активність як сутнісна властивість індивіда, найважливіша якість особистості;
- гуманістична орієнтація, що відповідає глобальним змінам у сучасному світі;
- критичність мислення як вияв аналітичного підходу до процесу пізнання, оцінки навколишньої дійсності;
- цільова спрямованість на розвиток особистості школяра, формування в нього потреби в постійному русі вперед;
- залучення педагога до процесу взаємодії та співробітництва;
- долучення до життєдіяльності, у якій виявляється активність учителя.

На основі цих характеристик визначаються етапи професійного становлення вчителя:

- виникнення й формування професійних намірів; професійне навчання як основа обраної спеціальності;
- входження в професію;
- часткова або повна реалізація у самостійній професійній діяльності.

Результатами кожного етапу, на наш погляд, є:

- професійне самовизначення;
- професійна (педагогічна) майстерність;
- професійна компетентність.

Н. Кузьміна використовує поняття «професійно-педагогічна компетентність» і окреслює її як сукупність таких компонентів: спеціальна компетентність; методична компетентність у галузі способів формування знань, умінь і навичок учнів; психолого-педагогічна компетентність; рефлексія професійної діяльності.

Під професійною компетентністю А. Хуторський розуміє сукупність ключових, базових і спеціальних компетентностей. Ключові ком-

петентності – компетентності, необхідні для будь-якої професійної діяльності, пов'язані з успіхом особистості. Базові компетентності відображають специфіку педагогічної діяльності в межах вимог до системи освіти. Спеціальні компетентності, на думку вченого, відображають специфіку конкретної предметної й надпредметної сфери професійної діяльності. Для визначення змісту кожної із компетентностей необхідна структура, обумовлена їх спільними функціями та роллю в освіті.

Проте найбільш ґрунтовним, на нашу думку, є визначення змісту й структури професійної компетентності вчителя, здійснене Л. Карповою. Дослідниця вважає, що професійна компетентність учителя є інтегративним особистісним утворенням на засадах теоретичних знань, практичних умінь, значущих особистісних якостей та досвіду, що зумовлюють готовність учителя до виконання педагогічної діяльності та забезпечують високий рівень її самоорганізації [3]. Професійна компетентність учителя не має вузькопрофесійних меж, оскільки від нього вимагається постійне осмислення розмаїття соціальних, психологічних, педагогічних та інших проблем, пов'язаних з освітою.

На думку В. Сластьоніна, І. Ісаєва, А. Міщенко й Є. Шиянова професійна компетентність педагога виражає «єдність його теоретичної й практичної готовності до здійснення педагогічної діяльності і характеризує його професіоналізм», при цьому основу структури компетентності учителя складають чисельні педагогічні вміння, що характеризують цю готовність [6].

У процесі опрацювання результатів наукових досліджень з даної проблеми, ми виявили, що автори розглядають професійну компетентність: як сукупність професійних властивостей (Л. Анциферова); як ступінь сформованості суспільно-практичного досвіду суб'єкта (Ю. Ємельянов); як професійну самоосвіту (А. Маркова); як стійку здатність до діяльності зі «знанням справи» (В. Огарьов); як здатність до актуального виконання діяльності (М. Чошанов); як високий рівень володіння знаннями, вміннями й навичками (В. Безрукова, О. Дубасенюк, О. Шахматова та ін.); як реалізацію потреб фахівця, як вирішення завдань професійної діяльності (С. Дружилов, С. Каплун, І. Климкович, С. Молчанов, В. Ягупов та ін.); як особистісну характеристику, властивість особистості, особистісне новоутворення (Л. Анциферова, Д. Завалишина, Є. Рибалко, О. Сімен-Сіверська, Н. Яковлева та ін.); як психічний стан особистості (А. Маркова, Н. Яковлева та ін.); як готовність особистості до здійснення професійної діяльності (Р. Ваврик, М. Варій, В. Косарев, Н. Лобанова та ін.).

Аналіз наукових досліджень різних вчених з питань трактування поняття професійної компетентності дає підстави стверджувати, що іс-

нує багато різних тлумачень цього поняття, немає єдиного підходу й до його структури. Але більшість поділяють думку, що професійна компетентність є багатоструктурним поняттям. Розвиток професійної компетентності пов'язаний з інтеграцією різних аспектів, які необхідні для формування умінь і навичок здійснення діяльності творчого рівня і включає знання й вміння з різних сфер життєдіяльності людини.

Відповідно до вимог Галузевого стандарту вищої освіти фахівці освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю 6.030402 Фізика мають володіти певними освітніми та професійними навичками, серед яких виділимо наступні: брати участь у експериментальних і теоретичних дослідженнях фізичних явищ, процесів, механізмів, використовувати обчислювальну техніку для розв'язання фізичних та математичних задач, застосування фізичних теорій і моделей для пояснення відомих та прогнозування нових наукових результатів, вміти застосовувати програмне забезпечення для вирішення математичних задач і обробки результатів фізичних досліджень, володіння методами математичного моделювання фізичних процесів, вміти отримати на основі сучасних фізичних методик, методів, виміральної апаратури комплексу експериментальних і теоретичних даних.

Можливості для формування в майбутніх учителів фізики зазначених умінь викладачі реалізують на всіх видах занять при вивченні різних навчальних дисциплін. Але особливо в цьому допомагають спеціальні дисципліни, які мають конкретно-професійне спрямування.

Для майбутнього вчителя фізики дуже важливо, щоб такі спецкурси враховували можливість ознайомлення з найновішими науковими досягненнями в галузі фізики, з актуальними питаннями методики викладання фізики, із запровадженням у навчальний процес загальнонаукових методів дослідження, і в той же час за рахунок проведення лабораторно-практичних занять посилювали роль активної індивідуальної пошукової діяльності кожного студента, особливо з питань, пов'язаних із практикою навчання фізики в школах різного типу і профілю.

Саме така мета переслідувалась під час організації спецкурсу «Графічний метод у навчанні фізики», який викладається студентам 3 курсу КДПУ ім. В. Винниченка.

Розробляючи цей спецкурс ми виходили з того, що по-перше, в навчальний процес із фізики поряд з іншими все ширше запроваджуються загальнонаукові методи дослідження, озброюючи тим самим учнів сучасними методами пізнання і сприяючи розвитку мислення та активізації їхньої пізнавальної діяльності у навчальному процесі, що, в свою чергу, уможливило усвідомлення і засвоєння навчального матеріалу. По-друге, перспективним і методично доцільним бачилося використан-

ня саме графічного методу під час вивчення фізики в різних навчальних закладах з урахуванням профільної та рівневої диференціації, що дає можливість створити такі умови в процесі навчання, які сприяли б розвитку інтересу до предмету, стимулювали пізнавальну діяльність учнів, підвищували б науковий рівень навчання фізики і посилювали б її практичне спрямування. По-третє, оволодіння майбутніми вчителями фізики загальнонаукових методів та методичних підходів до їх запровадження у навчально-виховний процес загальноосвітніх навчальних закладів дозволить сформувати в них практичні вміння та навички – все, що зумовлює готовність учителя до виконання педагогічної діяльності і є складовими професійної компетентності вчителя фізики.

Програма курсу включає вивчення наступних питань:

1. Психолого-педагогічні та методичні аспекти запровадження графіків у навчанні фізики. Фактори підвищення ефективності організації навчального процесу з фізики. Психологічні аспекти запровадження графіків у навчальному процесі. Математична підготовка учнів до використання графіків. Графіки у навчанні фізики. Методичні особливості формування вмінь будувати та «читати» графіки на уроках фізики.

2. Графічний метод під час розв'язування фізичних задач. Роль задач у навчанні фізики. Класифікація задач. Використання графіків та графічних зображень під час розв'язування задач з різних розділів курсу фізики.

3. Застосування графічного методу в системі шкільного фізичного експерименту. Шкільний фізичний експеримент, його види та роль у навчанні фізики. Графічний метод під час проведення демонстрацій, фронтальних лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму. Експериментальні задачі на основі використання графіків. Використання комп'ютерної техніки під час проведення фізичних дослідів.

Курс складається з теоретичного та практичного модулів. Лекційний курс (16 годин) включає розгляд загальних питань запровадження графічного методу в навчальний процес з фізики.

З метою посилення практичної професійної спрямованості спецкурсу в програму включено 16 годин лабораторно-практичних занять, мета яких підвищити рівень підготовки майбутніх вчителів з проблем шкільного фізичного експерименту та запровадження графічного методу під час розв'язування задач.

Тематика практичних занять включає також питання запровадження інформаційно-комунікаційних технологій для розв'язування різних графічних завдань та обробки результатів експериментів. На цих заняттях студенти демонструють можливості різних програм (Excel, Gran-2D, Gran-3D, Advanced Grapher тощо) та математичних пакетів (Maple,

Mathcad та ін.) для побудови графіків, обчислення результатів вимірювань, обрахування похибок тощо. Спеціалізація студентів (інформатика) дозволяє їм інтегрувати знання, отримані під час вивчення як фізичних, так і інформатичних дисциплін, досягаючи найкращих результатів.

Під час проведення занять значне місце відводиться складанню студентами методичних рекомендацій щодо виконання лабораторних досліджень, оформленню конспектів уроків. Таким чином, студенти привчаються працювати з книгою та отримують уміння викладати складний науковий матеріал у доступній для учнів формі.

На основі подальшого дослідження проблеми студенти мають можливість оформити курсові та дипломні роботи, що посилює практичну спрямованість курсу.

Таким чином, спецкурс «Графічний метод у навчанні фізики» сприяє фундаментальній підготовці випускника вищого навчального педагогічного закладу до організації та ефективного проведення навчального процесу з фізики з використанням сучасних інформаційних технологій, до керування пізнавальною діяльністю учнів та підвищує рівень опанування загальнонауковими методами пізнання.

Література

1. Адольф В. А. Профессиональная компетентность современного учителя : монография / В. А. Адольф ; Красноярский гос. университет. – Красноярск : КрГУ, 1998. – 286 с.
2. Веснин В. Р. Практический менеджмент персонала : пособие по кадровой работе / В. Р. Веснин. – М. : Юрист, 1998. – 96 с.
3. Карпова Л. Г. Формування професійної компетентності вчителя загальноосвітньої школи : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти Карпова Л. Г. – Харків, 2003. – 207 с.
4. Кричевский В. Ю. Профессиограмма директора школы. Проблемы повышения квалификации руководителей школ / В. Ю. Кричевский. – М. : Педагогика, 1987. – 212 с.
5. Майборода Т. А. Основные подходы к определению содержания профессиональной компетентности в психологических исследованиях / Майборода Т. А., Мовсесян Л. С. // Материалы научно-технической конференции по итогам работы профессорско-преподавательского состава СевКавГТУ за 2007 год. – Т. 1. Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки. – Ставрополь : СевКавГТУ, 2008.
6. Педагогика: учебное пособие для студентов педагогических учебных заведений / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, А. И. Мищенко, Е. Н. Шиянов. – М. : Школа-Пресс, 1998. – 512 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ЗОН ПРИ ИЗУЧЕНИИ СПЕЦКУРСА «ДЕГАЗАЦИЯ ГОРНОГО МАССИВА»

А. И. Сергиенко¹, А. А. Подрухин²

¹ Украина, г. Красноармейск, Красноармейский индустриальный институт Донецкого национального технического университета

² Украина, г. Донецк, Институт физики горных процессов НАН Украины
Sergienko6@rambler.ru

Студенты направления «Горное дело» изучают на старших курсах «Дегазацию горного массива», которая является для них нормативной и специальной дисциплиной. Одной из основных тем, изучаемой в данном курсе, является «Распространение геомеханических зон земной поверхности», что позволяет горным специалистам в практических условиях вести контроль миграции метана в закрытых шахтах на дневную поверхность и улучшать процессы дегазации выработанного пространства. Поэтому данная тема для нашего региона – актуальна.

Согласно обобщенным данным проведенных исследований, представленных в работах [1–2], вся приповерхностная часть земной коры имеет зонально-блочное строение, обусловленное наличием в горном массиве не только дизъюнктивных геологических нарушений, например сбросов и надвигов, но и геодинамических зон (ГДЗ). Последние, в свою очередь, являются поверхностным отображением особенностей геологической структуры горного массива, а именно глубинных разломов, скрытых осадочным чехлом и покровными отложениями. ГДЗ имеют различные размеры как по простиранию (от нескольких сотен метров до нескольких тысяч километров), так и по глубине распространения (от нескольких десятков метров до нескольких километров) и делятся на глобальные, региональные и локальные [1–2].

Площадью проявления ГДЗ на дневной поверхности являются линейно организованные структуры форм рельефа, называемые линейными. Они определяются чаще всего по линейному распространению овражно-балочной сети и отрицательных форм рельефа, а также по различию форм рельефа и изгибов русел рек и др. признакам.

Всем слагающим горный массив породам, расположенным в пределах ГДЗ, соответствует аномально повышенная трещиноватость по отношению к породам блоков. Данная трещиноватость может способствовать миграции различных газов, в том числе и свободного метана, в пределах горного массива на дневную поверхность.

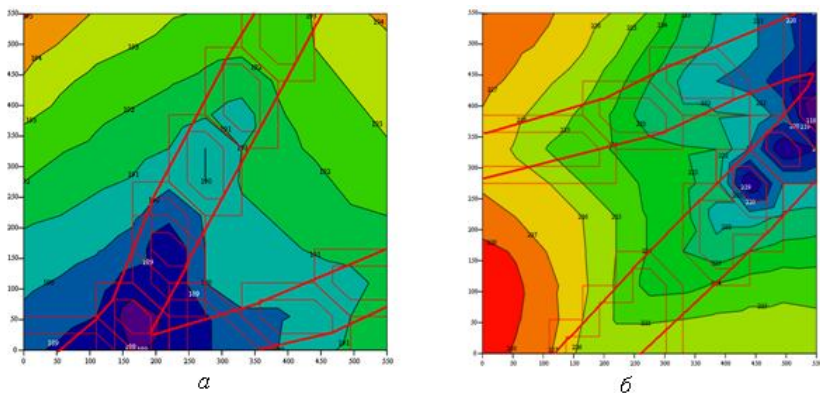
Исследования, проведенные нами на территории горных отводов

закрытых шахт Донбасса, показали, что накопленный в горных выработках метан мигрирует на дневную поверхность не только в местах выхода геологических нарушений и пластов трещиноватых песчаников и известняков [3], но и в пределах распространения ГДЗ на участках земной поверхности, присущих для каждого конкретного горного отвода указанных шахт [4].

В ИФГП НАН Украины разработана методика расчета [4], позволяющая определить количество метана и время процесса его миграции из выработанного пространства к земной поверхности для условий каждой конкретной закрытой шахты. При этом одним из главных параметров для расчетов является площадь проявления ГДЗ и ее привязка к рельефу земной поверхности горного отвода угольной шахты. Апробацию методики проводили на двух закрытых шахтах – «Заперевальной №2» и «Куйбышевской». На планах поверхности были выбраны два участка размером 500×500 м, каждый из которых поделили сеткой шагом 50 м. Затем на них в узлах пересечения сетки были отмечены данные высотных отметок рельефа земной поверхности и составлены матрицы отметок.

Полученные матрицы обрабатывали при помощи математического метода кубической сплайн-интерполяции, реализуемого в программе Mathcad [5]. По результатам обработки был получен электронный вариант карт изолиний исследуемых участков. Затем в программе Mathcad согласно разработанному алгоритму определения границ распространения геодинамических зон на земной поверхности выполняли обработку матриц методом поиска минимальных значений [6]. В результате на полученные карты изолиний были нанесены границы распространения геодинамических зон (линеаменты) на исследуемых участках земной поверхности (рис. 1). По результатам выполненного линеаментного анализа участков земной поверхности на территории горных отводов двух закрытых шахт были заложены профили для измерения содержания метана в почве в пределах выделенных геодинамических зон (рис. 2). Шаг измерений по всем профилям составлял 10 м.

Полевые измерения содержания метана в почве осуществляли по методике, разработанной МакНИИ [4], при помощи шахтного интерферометра ШИ-11. Разброс значений содержания метана в почве составил: для горного отвода шахты «Заперевальная №2» 0,1–1,2% и для горного отвода шахты «Куйбышевская» 0,4–1,0%. Это соответствует расчетным средним значениям 0,6 и 0,8%, полученным в результате аналитических исследований, учитывающих метаноносность углепородного массива, особенности его физико-механических параметров, глубину ведения горных работ и другие геотехнические характеристики [4].



Условные обозначения:



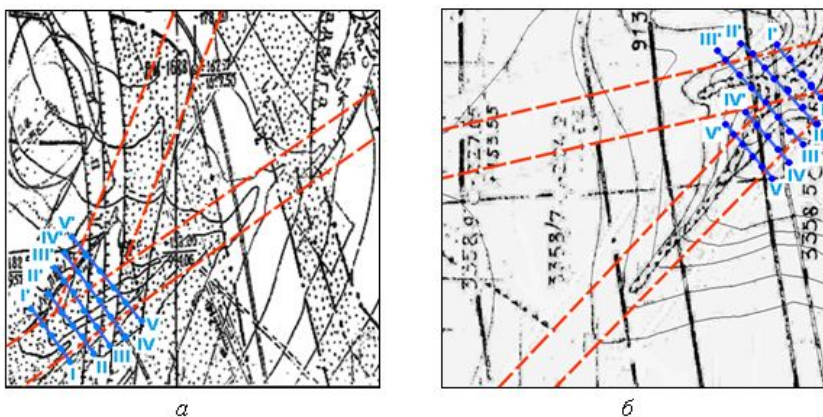
-  – площадь проявления геодинамических зон в рельефе земной поверхности
-  – границы распространения геодинамических зон (линеаменты)

Рис. 1. Выделенные границы распространения геодинамических зон (линеаменты) на территории горных отводов закрытых шахт: «Запорева №2» (а) и «Куйбышевской» (б)



Условные обозначения:



-  – границы распространения геодинамических зон (линеаменты)
-  – профили проведения измерений содержания метана в почве

Рис. 2. Профили проведения измерений содержания метана в почве в пределах выделенных геодинамических зон на территории горных отводов закрытых шахт «Запорева №2» (а) и «Куйбышевской» (б).

Таким образом, предлагаемый способ определения границ распространения геодинамических зон в пределах горных отводов угольных шахт позволяет:

- на основе применения современных методов получения, обработки и анализа научно обосновать высокую степень вероятности миграции шахтных газов, в первую очередь, метана, на поверхность в четко определенных местах горных отводов, отнесенных к границам линеаментов;
- повысить эффективность ведения работ по мониторингу окружающей среды, в частности горных отводов закрытых шахт, на территории которых находятся жилые строения и промышленные предприятия шахтных городов и поселков;
- за счет камеральной обработки полевых исследований и установления конкретных мест возможного аномального выделения метана на поверхность снизить затраты на работы по дегазации с поверхности углелесородного массива действующих и закрываемых шахт.

Литература

1. Кац Я. Г. Основы линеаментной тектоники / Я. Г. Кац, А. И. Полетаев, Э. Ф. Румянцева. – М. : Недра, 1986. – 144 с.
2. Воевода Б.И. Геодинамика и ее экологические проявления // Б. И. Воевода, Е. Г. Соболев, А. Н. Русанов, О. В. Савченко // Наукові праці ДонДТУ: Серія гірничо-геологічна. – Вип. 23. – Донецьк, 2001. – С. 3-10.
3. Защита зданий от проникновения метана / МакНИИ. – Макеевка : Донбасс, 2001. – 61 с.
4. Гринев В. Г. Совершенствование методики прогнозирования миграции метана на дневную поверхность из горных выработок ликвидированных шахт / В. Г. Гринев, А. А. Подрухин // Физико-технические проблемы горного производства : сб. науч. тр. / НАН Украины, Институт физики горных процессов. – Вып. 8. – 2005. – С. 100-103.
5. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad : учебный курс / Е. Макаров. – СПб. : Питер, 2005. – 448 с.
6. Сергиенко А. И. Графоаналитический способ определения границ распространения геодинамических зон на земной поверхности в пределах горных отводов закрытых шахт / А. И. Сергиенко, А. А. Подрухин // Физико-технические проблемы горного производства : сб. науч. тр. / НАН Украины, Институт физики горных процессов. – Вып. 13. – 2010.

ВИКОРИСТАННЯ ЕВРИСТИЧНИХ ПРИЙОМІВ ПРИ РОЗВ'ЯЗУВАННІ НАВЧАЛЬНИХ ЗАДАЧ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

М. А. Слюсаренко, Є. А. Микитіна

Україна, м. Кривий Ріг, Криворізький національний університет
evgeniya.mikitina@mail.ru

Навчальний процес у середній школі здебільшого будується на основі «знаннєвого підходу», що зорієнтований на запам'ятовування великого обсягу інформації, яка часто не знаходить практичного застосування в майбутньому. Сучасні потреби суспільства вимагають зміни парадигми навчання, пошуку нових методів і технологій, спрямованих на виховання особистості, здатної орієнтуватися у подіях і явищах, давати їм адекватну оцінку, приймати правильні рішення в нестандартних ситуаціях.

Сучасна освіта має орієнтуватись на різноманітність форм та методів навчання, застосування особистісно-орієнтованих педагогічних систем, що сприяють формуванню евристичного мислення учнів з метою забезпечення можливостей самостійного набуття знань, їх творчого і адекватного застосування за різних умов практичної діяльності.

Важливим фактором розвитку особистості в процесі навчання є оволодіння способами і засобами діяльності, а не тільки засвоєння готових знань. До того ж у повсякденному житті, в тому числі і практичній діяльності, людина буде «пред'являти» не знання в чистому вигляді, а здатність творчо застосовувати їх у конкретних практичних ситуаціях. Для цього необхідно сформувати в учнів здатність до відкриття нового у відомому, сприяти її перетворенню в інструмент людської діяльності у всіх сферах життя. Це можна здійснити за умови формування евристичного мислення у школярів, яке здійснюється в процесі навчальної діяльності при розв'язуванні нестандартних, творчих задач.

Процес розв'язання творчих задач, таких, які на мають відомого алгоритму розв'язку, спосіб розв'язання яких невідомий, а результат розв'язання дозволяє багатоваріантність, вимагає здійснення акту творчості. В. Моляко визначає творчу задачу як таку, що містить новизну, яка вимагає значних розумових зусиль, спеціального пошуку, знаходження нового способу її розв'язування [2]. В процесі розв'язування творчих задач проявляється здатність учнів нестандартно мислити, під час пошуку розв'язання формується творче мислення.

Проблема формування творчого мислення в процесі навчання завжди була однією з центральних у вітчизняній та зарубіжній педагогіці та

психології. Її розробками займалися О. Леонтьєв, Я. Пономарьов, С. Рубінштейн, В. Пушкін, В. Роменець та ін. Однак, незважаючи на велику кількість науково-методичних робіт з цієї тематики, рівень розвитку мислення учнів та їх творчих здібностей залишається недостатнім.

Евристика (грец. *heurisko* – знаходжу, відшукую, відкриваю) – метод відкриття нового. Основи цього методу закладені ще у філософській концепції Сократа, та тільки у ХХ-му столітті це поняття стало не тільки широко вживаним, але й набуло практичного використання у формі евристичного мислення, евристичних прийомів і методів, евристичних досліджень тощо.

Сучасні методи евристичного пошуку почали активно створювати і використовувати у 40 – 60 рр. ХХ століття такі автори, як Ф. Цвіккі (морфологічний аналіз), В. Гордон (синектика), Ф. Ханзен (метод організуючих понять), А. Осборн (метод «мозкового штурму»), Г. Альтшуллер (алгоритм розв'язування винахідницьких задач) та ін.

У проблемі евристики заслуговують уваги дослідження, проведені Ю. Кулюткіним. Евристичні методи він розглядає з точки зору управління діяльністю учнів, вважаючи, що в процесі навчання у них формуються пізнавальні структури, які дозволяють їм більш ефективно регулювати власну розумову діяльність, знаходити потрібну інформацію, перетворювати її, розробляти на її основі плани і розв'язання навіть в нестандартних ситуаціях. Прийоми розумової діяльності, за допомогою яких людина відкриває нові методи та способи розв'язування, називаються *евристичними*.

У трактуванні суті евристичних прийомів в евристиці не існує єдиного підходу, але узагальнюючим є твердження, що евристичними називають прийоми, за допомогою яких учень, застосовуючи акт творчості, відкриває новий більш ефективний та раціональний спосіб розв'язання задачі. Саме у випадку існування інформаційно-пізнавальної суперечності між теоретично можливим способом вирішення проблеми і неможливістю застосувати його практично розвивається пошуково-творча діяльність учнів.

У нашому розумінні евристичний прийом – творча діяльність, що ґрунтується на операціях мислення (аналогії, індукції, асоціації та ін.), що спрямована на досягнення певної цілі: перетворення вже існуючої інформації для отримання нової.

Виділимо такі етапи навчально-пізнавальної евристичної діяльності:

- аналіз чинників, явищ, їх зв'язків та відношень;
- усвідомлення проблеми, мети;
- формулювання кінцевих та проміжних цілей;
- висунення припущення, гіпотези;

- теоретичне обґрунтування гіпотези та пошук розв'язання задачі;
- практична перевірка правильності отриманого розв'язання.

Метод евристичних прийомів – це набір прийомів і правил, які застосовують для розв'язання творчих та винахідницьких задач, дозволяють більш ефективно регулювати мисленнєву діяльність учня.

Існує велика кількість підходів до здійснення класифікації евристичних прийомів. Так, І. Ільєсов [1] виокремлює серед загальної сукупності такі евристичні прийоми:

- узагальнення задачі;
- конкретизація задачі;
- формулювання оберненої задачі;
- виключення із структури;
- критика очевидних розв'язань, передбачуваних способів розв'язання задачі;
- пошук привнесених умов;
- рух від кінця до початку;
- наближення даних і цілі;
- перекодування тексту в модель;
- використання подібних задач;
- розгляд із різних сторін;
- аналіз умов;
- аналіз конфлікту;
- висунення будь-яких ідей;
- переструктурування задачі.

С. Мугаллімова [3] виділяє такі узагальнені евристичні прийоми:

- акцентуація (виділення із сукупності об'єктів ключового елемента задля зведення проблеми до більш вузької, з меншою структурою або меншою кількістю зв'язків);
- варіювання об'єкта (зміна однієї чи кількох характеристик вихідної сукупності елементів або здійснюється перегрупування зв'язків всередині цієї сукупності);
- трансляція (переформулювання задачі, пошук аналогій, перетворення, моделювання задачі);
- реверсія (пошук, що здійснюється в протилежному напрямі, шляхом доведення від «зворотного», висунення контрприкладу);
- редукція (динамічна дія, яка вимагає розширення сукупності елементів, що становлять проблему, і встановлення закономірності всередині нової сукупності для переходу до задач, розв'язаних раніше);
- варіювання середовища (зміна умов, що охоплюють дану сукупність елементів, в результаті чого має змінитися структура зв'язків усередині цієї системи).

Розглянемо на конкретних прикладах ефективність застосування евристичних прийомів при розв'язуванні задач у шкільному курсі фізики.

1. М'яч, що влучив у кільце баскетбольного кошика, починає падати з кошика вертикально вниз без початкової швидкості. Водночас із точки, що знаходиться на відстані l по горизонталі від кошика, у баскетбольний м'яч, що падає, кидають тенісний м'яч. З якою початковою швидкістю v_0 був кинутий тенісний м'яч, якщо він влучив у баскетбольний м'яч на відстані h по горизонталі від баскетбольного кошика?

Розв'язання

а) Якщо розв'язувати цю задачу за стандартною схемою, в лабораторній системі відліку, то хід міркувань буде таким. Записуємо рівняння руху для обох м'ячів за час t від початку руху до їх зустрічі, потім проєктуємо їх на вертикальний і горизонтальний напрямки. У результаті приходимо до системи рівнянь:

$$h = \frac{gt^2}{2}, \quad (1)$$

$$H - h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}, \quad (2)$$

$$\sqrt{l^2 - H^2} = v_0 \cos \alpha t, \quad (3)$$

де H – висота баскетбольного кошика над точкою кидання, а $\sqrt{l^2 - H^2}$ – відстань від точки кидання до баскетбольного кошика по горизонталі.

В отриманій системі трьох рівнянь містяться чотири невідомі: v_0 , α , t , H . Тому може здатися, що система не має єдиного розв'язку. Однак, підставивши h із першого рівняння в друге, отримаємо:

$$H = v_0 t \sin \alpha. \quad (4)$$

Розділивши рівняння (4) на (3), знаходимо вираз для $\operatorname{tg} \alpha$:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{\sqrt{l^2 - H^2}} \quad (5)$$

З цього виразу видно, що кут α , під яким має бути кинутий тенісний м'яч, насправді відповідає напрямку з точки кидання на баскетбольний кошик. Тобто кидати тенісний м'яч потрібно в напрямі кошика. Модуль

його початкової швидкості можна знайти, підставляючи $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ з рів-

няння (1) в рівняння (4). Враховуючи, що $\frac{H}{\sin \alpha} = l$, отримаємо:

$$v_0 = \frac{l}{t} = l \sqrt{\frac{g}{2h}}.$$

Як бачимо, розв'язання задачі вимагає великої кількості проміжних обчислень.

б) Спробуємо розв'язати цю задачу, використовуючи евристичний прийом переходу до іншої системи відліку.

Перейдемо в систему відліку, пов'язану з баскетбольним м'ячем. В цій системі відліку баскетбольний м'яч, очевидно, нерухомий, а тенісний м'яч рухається рівномірно і прямолінійно зі швидкістю v_0 . Ця швидкість v_0 спрямована на баскетбольний м'яч. Через час $t = \frac{l}{v_0}$ м'ячі зіштовхнуться. В лабораторній системі відліку за цей час баскетбольний м'яч опуститься на відстань $h = \frac{gt^2}{2} = \frac{g}{2} \left(\frac{l}{v_0} \right)^2$, звідки для v_0 отримаємо

вираз $v_0 = l \sqrt{\frac{g}{2h}}.$

Наведемо приклад задачі, у якій використання евристичних прийомів вже на етапі аналізу задачі дозволяє знайти правильний хід розв'язання задачі.

2. Необхідно з поверхні землі потрапити каменем у ціль, яка розташована на висоті h і на відстані s по горизонталі. При якій найменшій початковій швидкості каменя це є можливим? Опором повітря знехтувати.

Розв'язання

Відповідь цієї задачі, на перший погляд, є очевидною – початкова швидкість каменя буде найменшою, якщо верхня точка його траєкторії збігається з мішенню.

Спробуємо перевірити це припущення шляхом граничного переходу до більш простого випадку. Уявімо, що висота $h = 0$. У такому разі, очевидно, що для того, щоб потрапити в ціль, що знаходиться на землі, достатньо лише докинути камінь до цілі. Отже, початкове припущення про те, що траєкторія має бути такою, щоб її верхня точка збігалася з мішенню, є хибною.

Евристичні прийоми розумової діяльності дозволяють діяти в нестандартних ситуаціях, в умовах невизначеності, їх застосування сприяє розвитку продуктивного мислення школярів.

Зальною характерною особливістю евристичного навчання виступає його спрямованість на більш ефективний особистісний розвиток учнів через самостійну науково-пошукову діяльність. Найбільш знайомими і

широковживаними для учнів є методи аналогії, класифікації, узагальнення, аналізу. Потребують розвитку такі евристичні прийоми, як симетрія, дедукція, інверсія. Все це свідчить про необхідність цілеспрямованої роботи щодо розвитку саме евристичного мислення.

При цьому важливою цільовою установкою є відмова від «передачі-засвоєння» готових знань. Кінцевий навчальний результат, а саме глибокі знання з предмету, уміння та навички учень отримує через систему евристичних методів, зокрема, методи спостереження і дослідження, метод гіпотез, метод узагальнень та аналогій, метод самоорганізації навчання, метод проектів тощо. Евристичне навчання виступає одним із основних методів, який дозволяє проявити творчу активність при вивченні дисциплін. Самостійне засвоєння знань і способів евристичної діяльності сприяє розвитку творчого мислення, прийомів активної пізнавальної діяльності, мотивів самого навчання та мотивації отриманих в його процесі досягнень.

Література

1. Ильясов И. И. Система эвристических приёмов решения задач / И. И. Ильясов. – М. : Изд-во Российского открытого ун-та, 1992. – 140 с.
2. Моляко В. А. Психология решения школьниками творческих задач / Валентин Алексеевич Моляко. – К. : Рад. школа, 1983. – 96 с.
3. Мугаллимова С. Р. О видах эвристических приёмов / С. Р. Мугаллимова // Омский научный вестник – 2006. – №9. – С. 107-109.

ОСОБЛИВОСТІ НАВЧАННЯ ІНОЗЕМНИХ СТУДЕНТІВ МЕДИЧНОЇ БІОФІЗИКИ

С. М. Стадніченко

Україна, м. Дніпропетровськ, Дніпропетровська державна медична академія

s.stad@rambler.ru

Інтеграція України в світову систему освіти посилює її відповідальність за підготовку фахівців із зарубіжних країн. Стратегічним завданням державної освітньої політики залишається якість знань та умінь студентів, що відповідає найвищим міжнародним стандартам. Активне впровадження модульно-рейтингових навчальних технологій у практику передбачає здійснення регулярного поточного контролю знань і умінь, значний обсяг самостійної роботи студентів.

Курс «Медична і біологічна фізика» у вищому медичному навчальному закладі вивчається іноземними студентами на першому курсі, коли відбувається період їх адаптації, як у соціальній, так і в освітній сфері. На основі педагогічного експерименту нами встановлено, що для якісного засвоєння навчального матеріалу з цього курсу студентам перешкоджають прогалини у знаннях російської мови, неспроможність здійснення мовленнєвого аналізу при сприйманні та розумінні висловлювань, нездатність ефективно спілкуватися в різних умовах у ролі адресата і адресанта; низький рівень знань з довузівської фізики. Недостатньо досліджені вміння та навички іноземних студентів щодо виконання самостійної роботи. Постає проблема забезпечення інноваційними навчально-дидактичними розробками студентів-іноземців та удосконалення методики навчання медичної біофізики на основі сучасних психолого-педагогічних та методичних досягнень.

Дидактичні аспекти навчання фізико-математичних дисциплін у вищих навчальних закладах медичного профілю розглянуті у працях І. Є. Булах, Я. В. Цехмістера, Н. В. Стучинської, Л. Ф. Ємчик, В. О. Тиманюка, О. М. Ремізова, Я. Й. Лопушанського, О. В. Чалого та ін. Проте недостатньо уваги приділено дослідженню специфічних особливостей викладання медичної біофізики саме студентам-іноземцям.

У останні роки проблему адаптації іноземних студентів-першокурсників до навчання у вищих навчальних закладах Росії та України досліджувати науковці, серед яких В. Б. Антонова, О. В. Зиньковський, М. О. Іванова, Н. А. Тіткова, І. О. Мушарапова, С. Ю. Родонова, М. І. Вітківська, І. В. Троцюк, І. В. Ширяєва та ін.

Не знайшли належного розв'язання такі важливі методичні пробле-

ми, як формулювання та конструювання навчального змістовного тексту курсу для іноземних студентів, посилення взаємозв'язку фундаментальності й фахової спрямованості навчання, модернізація фізичної освіти на основі системно-діяльнісного підходу до навчання, використання нових інформаційних технологій та ін. Вирішення цих завдань дозволить удосконалити методику навчання медичної біофізики.

Мета статті: визначити особливості формування знань та умінь у іноземних студентів вищих медичних навчальних закладів та виокремити ефективні методичні прийоми якісного засвоєння учбового матеріалу при навчанні біофізики.

Вивчення медичної біофізики іноземними студентами ускладнюється декількома причинами, серед яких рівень базової підготовки, що визначається особливостями системи шкільної освіти на батьківщині студентів, та недосконале знання мови викладання.

М. І. Вітковська, І. В. Троцюк [3] виділяють такі критерії готовності іноземних студентів до навчання у вищих навчальних закладах іншої країни:

1) когнітивний – розуміння студентами мети свого навчання, зв'язку навчання із майбутньою професійною діяльністю, знання структури і змісту предметної галузі знань;

2) мотиваційний – прагнення до самостійності, стійкий інтерес до предметної галузі знань;

3) операційний – володіння лінгвістичним апаратом для засвоєння професійно-значущої інформації, володіння навичками самостійної навчальної діяльності;

4) емоційно-вольовий – особистісне ставлення до характеру і результату навчання, вміння будувати міжособистісні відносини, вироблення певних комунікативних навичок, вміння виявляти і долати труднощі, наявність позитивних ціннісних орієнтацій і моральних якостей, впевненість в успіху, висока самоорганізація, отримання задоволення від самостійного здобуття професійно значущої інформації;

5) інформаційний – мовна, прагматична і предметна компетенція.

Процес адаптації іноземних студентів до навчання у вищих навчальних закладах України набагато складніший за процес адаптації вітчизняних студентів. Першокурсники-іноземці стикаються з цілою низкою додаткових проблем, пов'язаних із перебуванням не в рідній країні, недосконалим володінням російською і українською мовами, відсутністю друзів і знайомих на початковому етапі перебування, віддаленістю від батьків, незнанням або поверховим знанням традицій і звичаїв, специфіки населення України тощо.

Тому однією з головних умов успішного засвоєння знань з медичної

біофізики залишається володіння іноземними студентами російською мовою, яку вивчають на підготовчому відділенні. На основі педагогічного експерименту встановлено, що у першокурсників виникають проблеми з вимовою слів та їх написанням. Студенти не вміють читати математичні вирази та формули, не запам'ятовують означень. Низький рівень мовленнєвих навичок не дозволяє використовувати методи з комунікаційними функціями (діалоги, диспути тощо).

З метою формування умінь читання математичних виразів і фізичних формул нами запропоновано такі тренувальні вправи:

- 1) записати формулу і назвати її компоненти;
- 2) словесно сформулювати визначення фізичної величини (спочатку за допомогою алгоритмічного припису), наприклад:
 - а) $C = A \cdot B$;
 C – це фізична величина, яка дорівнює добутку A і B ;
 - б) $X = \rho \cdot v$;

хвильовий опір X – це фізична величина, яка дорівнює добутку густини середовища ρ на швидкість хвилі в ньому v .

3) з'ясувати фізичний зміст величини, наприклад: динамічний коефіцієнт в'язкості рідини – величина, яка чисельно дорівнює силі тертя між сусідніми шарами, розрахованої на одиницю площі їх дотику, при градієнті швидкості течії, що дорівнює одиниці.

$$\eta = \frac{F_{\text{вн.мер.}}}{\frac{dv}{dx} \cdot S}$$

Коротко: $\eta = F_{\text{вн.мер.}}$ при $\frac{dv}{dx} = 1 \text{ c}^{-1}$, $S = 1 \text{ м}^2$.

- 4) визначити одиниці фізичної величини в системі СІ.

Така технологія повторення формул дозволяє скоротити обсяг інформації для механічного запам'ятовування.

На основі спостережень нами встановлено, що поступове ускладнення завдань для розвитку усного мовлення дозволяє створювати ситуації успіху, які спонукають до пізнавальної активності студентів:

- 1) прочитати текст і назвати пропущені слова;
- 2) з переліку відповідей знайти правильну;
- 3) з'єднати початок і кінець речення;
- 4) підібрати узагальнююче слово;
- 5) дати повну відповідь на питання;
- 6) скласти запитання;
- 7) доповнити повідомлення;
- 8) підготувати і оголосити на занятті доповідь;
- 9) захистити розв'язання домашніх та індивідуальних задач та ін.

Останнім часом широкого розповсюдження набули «інтерактивні мультимедійні системи», які є програмно-методичними комплексами, що зберігають і відтворюють тексти, звук, статичні та анімаційні зображення й відеофрагменти. Проте вони стосуються переважно класичного курсу фізики. Студенти мають можливість за допомогою звукового супроводу практикуватися у вимові фізичних термінів, наочні відеофрагменти дозволять зрозуміти складний теоретичний матеріал, моделі дослідів чи лабораторних робіт сприяють формуванню їх експериментальних умінь.

Основною формою навчання залишається *лекція*. На першій лекції доцільно повідомити про повний обсяг навчального матеріалу з курсу та обговорити можливі способи його опрацювання, вимоги до знань та вмінь, літературу. З метою запобігання можливих утруднень нами використовується коротка форма написання лекцій, яка передбачає виклад навчального матеріалу (означень, формул, структурно-логічних схем тощо) на дошці або за допомогою мультимедійного проектора на екрані з коментуванням головного. Для подальшого вивчення матеріалу студент повинен використовувати адаптовані друковані дидактичні матеріали з розширеним до лекції змістом: до деяких слів для розуміння тексту наводяться синоніми, пояснення у вигляді тексту й малюнків, приклади розв'язування задач та ін.

Мова фізики складається з вербальних (фізичні терміни, фізичні символи, ключові слова в задачі тощо) та образних (графіки фізичних залежностей, схеми, діаграми, наочні моделі тощо) компонентів, які повинні брати участь у розумових процесах. Коли студент не може уявити, про що говорить викладач на занятті, чи про що йдеться в підручнику, тоді виникає необхідність у перекладі інформації з мови слів на мову образів. З іншого боку, коли студент не може сказати, хоча і розуміє ситуацію, – виникає необхідність у зворотному перекладі предмета роздумів з мови образів на мову слів.

Особливої уваги потребує інтеграція предметів, які передбачають використання однакових понять, означень, позначень. Наприклад, в хімії і фізиці використовують поняття: речовина, енергія, кількість речовини, кількість теплоти та ін.

Різні позначення величин призводять до незрозуміння навчального матеріалу: кількість речовини v і n ; лінійна частота v і f . Значні труднощі викликають позначення фізичних величин з різних розділів: ω – циклічна частота і об'ємна густина енергії коливального руху, Q – кількість теплоти і об'ємна швидкість течії, A – робота і амплітуда, ρ – густина і питомий опір, ν – лінійна частота й кінематична в'язкість, λ – довжина хвилі й стала радіоактивного розпаду та ін.

Для підготовки до практичних занять нами розроблені друковані матеріали, які містять питання, тести, приклади розв'язування задач, довідниковий матеріал. Наприклад, використовуються завдання порівняльного типу, які дозволяють не лише краще запам'ятати формулу, а й зробити висновок практичного значення:

1. Інтенсивність звуку зросла в 10 разів. У скільки разів змінився звуковий тиск?

2. У скільки разів гідравлічний опір ділянки артерії більший за гідравлічний опір такої ж за довжиною ділянки аорти, якщо її радіус у 10 разів більше радіуса артерії, а в'язкість крові в артерії складає 0,8 в'язкості крові в аорті?

Згідно з основними положеннями системно-діяльнісного підходу до навчання важливим елементом здійснення студентом повного циклу пізнавальних дій є узагальнення і систематизація знань. Тому на практичних заняттях нами застосовано метод складання узагальнюючих таблиць. Наприклад, до теми «Механічні коливання» першокурсники заповнюють таблицю з рядками – незатухаючі, затухаючі, вимушені коливання, стовпцями – диференціальне рівняння; його розв'язок; графіки залежності $x = x(t)$, $A = f(t)$; додаткові формули (період, частота, коефіцієнт затухання та ін.). До теми «Методи електротерапії» – з рядками – франклінізація, гальванізація, УВЧ-терапія, дарсонвалізація та ін., зі стовпцями – фізичний фактор, що діє на пацієнта; фізіотерапевтичний ефект; застосування на практиці.

Для проведення *контролю* розроблені комбіновані завдання, які складаються з трьох частин і містять тести, запитання та задачі. Педагогічний експеримент показав, що тести дозволяють зорієнтувати студентів, які мають проблеми з російською мовою. Відповіді на запитання передбачають знання матеріалу з медичної біофізики і вміння висловлювати свою думку. Розв'язування задач демонструють уміння і навички практичного застосування знань. Такі розробки дозволяють здійснювати індивідуальний підхід.

Іноземні студенти спеціальності «Лікувальна справа» (52%) відмінно володіють математичним апаратом фізики. При виконанні контрольних і домашніх робіт студенти з Китаю, Індії, Конго виконують завдання самостійно, а з Палестини, Сирії, Йорданії допускають списування.

Важливу роль відіграють *лабораторні роботи*, за допомогою яких студенти одержують навички проведення фізичного експерименту. Як свідчить практика, студенти із задоволенням вимірюють, виконують обчислення, роблять висновки. До лабораторних робіт студенти отримують адаптовані інструкції з методичними вказівками та контрольними питаннями.

Окремого розгляду потребує проблема організації *самостійної роботи* студентів. Для удосконалення методичного забезпечення самостійної роботи студентів методика складання і зміст завдань, на наш погляд, повинні відповідати наступним вимогам: завдання мають бути коректними, стимулюючими розумову діяльність, диференційованими і напрямленими на формування професійних компетенцій майбутніх фахівців. Необхідно, щоб завдання сприяли не тільки запам'ятовуванню формул, фізичних понять, але й розвитку рефлексії. Згідно цих вимог розроблена система індивідуальних завдань і тематика рефератів з усіх розділів курсу «Медична і біологічна фізика».

Особливу увагу студенти приділяють завданням прикладного характеру. Наприклад, підготувати міжпредметні доповіді: «Вплив на здоров'я людини гучної музики», «Фізичні і хімічні таємниці зору людини», «Біологічна дія рентгенівського випромінювання», «Використання радіоактивних ізотопів для діагностики та лікування» тощо. Під час виконання самостійної роботи іноземним студентам необхідно навчитися читати і сприймати матеріал підручників, які написані російською мовою. Викладач має стимулювати студентів до такої діяльності, контролювати якість прочитаного.

У роботі М. М. Середняк [5, 310] пропонується створювати кабінет самостійної роботи студентів із вивчення фізики, у якому зосереджувати підручники й посібники з курсу для іноземців, студентські наукові доповіді та реферати, довідкові матеріали, методичні матеріали та ін. У кабінеті можна одержати консультацію у чергового викладача, попрацювати з літературою, виконати індивідуальне завдання.

На нашу думку, більше уваги необхідно приділити інформаційно-комунікативним технологіям. Електронні ресурси (електронні підручники, мультимедійні навчальні системи, мережа Інтернет, електронні бази даних, каталоги, електронна пошта та ін.) дозволять забезпечити оперативний зворотній зв'язок, підвищити продуктивність інформаційного пошуку, здійснювати дистанційне навчання або його елементи.

Висновок: У роботі показано, що викладання курсу «Медична і біологічна фізика» для студентів-іноземців має ряд специфічних методичних особливостей, які необхідно враховувати в поточній навчальній роботі та при підготовці адаптованих дидактичних матеріалів. Розроблений комплекс характеризується наступними навчальними особливостями:

- 1) включає мінімально необхідний обсяг теоретичного лекційного матеріалу;

- 2) завдяки розширеному змісту дидактичних матеріалів забезпечує достатній науковий рівень викладання курсу;

- 3) завдання, що розв'язуються на кожному практичному занятті, узгоджені з попередньо викладеним лекційним матеріалом;
- 4) містить вичерпні адаптовані описи лабораторних робіт;
- 5) пропонує весь необхідний перелік питань та завдань для проведення поточного та підсумкового модульного контролю;
- 6) дає можливість повноцінно підготувати іноземного студента до сприйняття матеріалу при роботі з навчальними посібниками для українських студентів;
- 7) забезпечує зменшення непродуктивних витрат робочого часу студентів на пошук необхідного матеріалу під час самостійної підготовки до всіх видів занять та контролю.

Проте залишається відкритою проблема використання нових інформаційно-комунікаційних технологій. Подальші дослідження вбачаємо у застосуванні сучасних інформаційно-комунікаційних технологій і експериментування з різними розділами медичної біофізики.

Література

1. Андрощук К. В. Дидактичні засоби при роботі із студентами-іноземцями / К. В. Андрощук, С. О. Подласов // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. – 2005. – Вип. 30. – С. 3 – 5.
2. Вища освіта України і Болонський процес : навч. посіб. / [М. Ф. Степко, Я. Я. Болюбаш, В. Д. Шинкарук, В. В. Грубінко та ін.] ; за ред. В. Г. Кременя. – Тернопіль : Навчальна книга–Богдан, 2004. – 348 с.
3. Витковская М. И. Адаптация иностранных студентов к условиям жизни и учебы в России (на примере РУДН) [Электронный ресурс] / М. И. Витковская, И. В. Троцук // Вестник РУДН. Серия «Социология». – 2004. – №№ 6, 7. – Режим доступа : <http://articles.excelion.ru/science/filosofy/22017026.html>.
4. Лопушанський Я. Й. Збірник задач і запитань з медичної і біологічної фізики : навч. посіб. / Я. Й. Лопушанський. – Вінниця : Нова Книга, 2010. – 584 с.
5. Середняк М. М. Викладання фізики студентам-іноземцям в українських ВНЗ у контексті євроінтеграції освітніх послуг / М. М. Середняк // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. – 2010. – Вип. 16. – С. 308–311.

ОРГАНІЗАЦІЯ І СТИМУЛЮВАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ НАД ТЕОРЕТИЧНИМ МАТЕРІАЛОМ З ФІЗИКИ В УМОВАХ МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ

Б. А. Сусь¹, О. Б. Кравченко²

¹ Україна, м. Київ, Національний технічний університет України «КПІ»

² USA, Gainesville, Desoto High School

bogdansus@gmail.com

Постановка проблеми. У вищій школі України в рамках Болонського процесу на самостійну роботу студентів передбачається біля половини кредитів. Зокрема, це стосується також фізики, причому значна частина навчального часу відводиться на лекційні заняття і, відповідно, на самостійну роботу над теоретичним матеріалом. Однак **існує проблема організації самостійної роботи над лекціями**. Часто студенти обмежуються конспектуванням лекційного матеріалу і надалі залишають його не опрацьованим належним чином. Тому необхідні заходи щодо організації, стимулювання самостійної роботи студента над теоретичним матеріалом і її оцінювання.

Розгляд проблеми. Організація і оцінювання самостійної роботи студентів над теоретичним матеріалом в умовах модульного навчання є важливою проблемою, розв'язання якої потребує застосування як новітніх, так і традиційних засобів. Нами розроблена система, основу якої становить робота з конспектом і такий традиційний спосіб перевірки знань як колоквиум, особливістю якого є те, що розмова викладача зі студентом ведеться по конспекту, над яким працює студент. Причому не суттєво, яким є конспект – чи то запис під час лекції, чи короткий запис як результат самостійної роботи над навчальним матеріалом. У нас всі студенти забезпечені повноцінними текстами лекцій, виданими друкарським способом, а також розміщеними в Інтернет. Тому в принципі нема нагальної потреби записувати інформацію під час лекції. Студент під час лекції має перед собою надрукований текст лекції, може бачити записане і слухати лектора, але також має змогу опрацювати матеріал самостійно за друкованими текстами лекцій [1–5]. Однак навіть за таких умов студенти під час лекції конспектують. Справа в тому, що короткий конспект, зроблений особисто студентом, потрібний, з одного боку, як свідчення його **самостійної роботи над навчальним матеріалом**, а з іншого – і це суттєво – як підготовка до розмови з викладачем, причому розмова зі студентом проводиться саме по його конспекту: він пояснює рисунки, схеми, доведення формул, їх фізичний зміст тощо. Такий підхід зобов'язує студента робити потрібні помітки, позначення, підкрес-

лення чи ставити запитання, коли щось незрозуміло. Важливо, що студент іде на колоквиум тоді, коли до нього підготується. Це стимулює відповідальність. Оскільки розмова викладача і студента відбувається на основі конспекту, проведення колоквиуму не потребує багато часу. Спільна робота викладача і студента над його конспектом підвищує цінність конспекту і є засобом оцінки самостійної роботи. Для оцінки використовується система балів 5, 4, 3, 2, 1, 0 (A, B, C, D, E, FX). Оскільки тема розмови вибирається випадково, результуюча оцінка отримується як добуток балів відповіді на кількість лекцій, що підлягають контролю. Таким чином, студент отримує за колоквиум значну кількість балів і такий підхід створює умови для посилення відповідальності студента щодо ведення конспекту, підвищення його вартості і, що найважливіше, дає можливість активізувати самостійну роботу над теоретичним матеріалом. Досвід показує, що у студентів, які готуються до колоквиуму і здають його по конспекту, виробляється відповідальне ставлення до самостійної роботи над вивченням теоретичного матеріалу з фізики і виявляється його краще і глибше розуміння. Конспектом курсант активно користується також на практичних заняттях. Звичайно, варто мати на увазі, що робота студента над конспектом не є обов'язковою. Він може вибрати для себе іншу форму навчання у відповідності з його індивідуальними особливостями. В такому випадку й оцінка його самостійної навчальної діяльності буде іншою.

Слід зауважити, що в нашому минулому були успіхи в організації навчального процесу і, зокрема, значних досягнень в області фізики. В цей час у студентів було відповідальне ставлення до самостійної роботи над конспектом.

Оцінювання навчальної діяльності. Існують різні способи оцінки навчальної діяльності – опитування на практичних і лабораторних заняттях, контрольні роботи, експрес-контроль, тестування, оцінювання виступів на семінарах, заліки, іспити тощо. Однак існують рейтингові системи, коли оцінюються всі можливі навчальні дії студента. Відома, наприклад, система, коли дії студента оцінюються балами, що в сумі становлять верхню межу 100 балів. На перший погляд така система дає можливість уніфікувати підхід стосовно оцінки роботи студента над різними предметами, насправді ж вона має суттєві незручності, оскільки на різні дисципліни відводиться різна кількість кредитів і, відповідно, існує різна кількість актів оцінки, а вагові бали оцінки окремих актів дробляться. В результаті виходить, що накладається обмеження на активність студента і з різних предметів оцінка відбувається за різними ваговими балами. Для студента таку систему не можна вважати зручною. Простіша і наочніша система оцінювання **відкритого типу**, коли кіль-

кість актів оцінювання не обмежується і визначається сумарним значенням набраної кількості балів.

Для оцінки кожного навчального акту використовується звична система балів 5, 4, 3, 2, 1, 0, що відповідає системі ECTS (A, B, C, D, E, FX).

Система оцінювання навчальної діяльності студентів визначається такими параметрами [6]:

R – розмір шкали оцінювання, тобто **можлива** (нормована) кількість балів за семестр: $R=R_c+R_E$;

R_c – сумарні нормовані бали за семестр: $R_c=\sum R_k$,

де R_k – так звані **вагові бали** – нормована оцінка різних окремих видів навчальної діяльності (лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, контрольні тощо);

R_E – **нормована** оцінка на екзамені;

r_k – **реальні** бали за кожен окремий вид навчальної діяльності за семестр;

r_E – **реальна** оцінка на екзамені;

$RD=\sum r_k+r_E$ – **реальні** бали за весь семестр разом з іспитом.

Розглянемо як приклад систему оцінювання навчальної діяльності студентів при вивченні фізики за один семестр. Нехай у семестрі 27 лекційних, 9 практичних занять, 9 лабораторних робіт. Завершується семестр іспитом. Оцінці підлягають усі види навчальної діяльності студента.

1. Самостійна робота над теоретичним матеріалом:

– опрацювання конспектів лекцій або складання короткого самостійного конспекту (КСК). *Ваговий бал* – 5.

Нормована кількість балів за опрацювання 27 конспектів лекцій: $R_1 = 5 \cdot 27 = 135$.

Реальна кількість балів за самостійну роботу над теоретичним матеріалом визначається обсягом і якістю опрацювання лекційного матеріалу в межах 0 – 135 балів.

Контроль самостійної роботи над теоретичним матеріалом здійснюється по конспекту шляхом бесіди (**колоквиуму**).

2. Робота на практичних заняттях

Розв’язування задач біля дошки. *Ваговий бал* – 5.

Нормована (можлива) кількість балів: $5 \times 2 = 10$.

Експрес-контроль на занятті. *Ваговий бал* – 5.

Передбачається проведення в семестрі 6 експрес-контролів.

Нормована кількість балів за 6 експрес-контролів: $5 \times 6 = 30$.

Сумарна кількість нормованих (можливих) балів за практичні заняття у семестрі $10 + 30 = 40$ балів.

Реальна кількість балів визначається повнотою і якістю виконан-

ня завдань, а також умінням застосовувати теоретичний матеріал при розв'язуванні задач.

3. Лабораторні роботи:

– виконання лабораторної роботи – ваговий бал – 5.

Нормована кількість балів за виконані лабораторні роботи у семестрі $5 \times 9 = 45$.

– оформлення і захист лабораторної роботи – ваговий бал – 5.

Нормована (можлива) кількість балів за захист усіх робіт у семестрі $5 \times 9 = 45$.

Сумарна кількість нормованих балів за лабораторні роботи в семестрі $45 + 45 = \underline{90}$.

Реальна кількість балів за лабораторні роботи визначається правильністю розрахунків, їх представлення, а також глибиною розуміння фізичної суті роботи і теоретичного матеріалу (в межах 0 – 90 балів).

4. Модульний контроль (МКР – модульна контрольна робота):

– відповіді на теоретичні питання. Ваговий бал – 10.

Нормована кількість балів за 2 теоретичні питання $10 \times 2 = 20$.

– розв'язання задачі. Ваговий бал – 5.

Нормована кількість балів за розв'язання задачі $5 \times 1 = 5$.

Сумарна нормована кількість балів за дві контрольні роботи в семестрі $(20 + 5) \cdot 2 = \underline{50}$.

Реальна кількість балів, отриманих під час контролю, визначається повнотою і якістю виконання завдань, а також умінням застосовувати теоретичний матеріал при розв'язуванні задач (в межах 0 – 50 балів).

5. Розрахункова робота (РР). Ваговий бал – 35.

6. Заохочувальні та штрафні та бали :

– участь в пошуково-дослідницькій роботі, модернізації лабораторних робіт, удосконаленні методичних та дидактичних матеріалів з дисципліни – +20

– недопуск до лабораторних робіт у зв'язку з незадовільним входним контролем – –5;

Рейтинг за семестр R_c (сумарна нормована (можлива) кількість балів R_c за навчальну діяльність за семестр:

$$R_c = 135 + 40 + 90 + 50 + 35 = \underline{350}.$$

7. Семестровий іспит. Нормована кількість балів R_E на іспиті становить 70% від сумарної нормованої (можливої) кількості балів R_c за семестр:

$$R_E = 0,7 R_c = 0,7 \times 350 = \underline{245}.$$

8. Шкала рейтингу R – сумарні максимально можливі (нормовані) бали в семестрі і за екзамен:

$$R = R_c + R_E = 350 + 245 = 595 .$$

Екзаменаційний білет має 2 теоретичних питання і задачу. На кожне з них припадає третя частина нормованих балів.

Стартовий рейтинг r_c – реальна сумарна кількість балів за семестр.

Сумарний рейтинг студента RD – сума реальної кількості балів r_c за роботу в семестрі і реальної кількості балів r_E на іспиті: $RD=r_c+r_E$.

Необхідною умовою допуску до іспиту є зарахування розрахункової роботи, всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг (r_c) не менше 50% від R_c , тобто 175 балів у 1-ому семестрі.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних), його сумарний рейтинг RD переводиться згідно з таблицею 1.

Часто використовується 100-бальна шкала рейтингу. У другій колонці таблиці сумарний рейтинг RD представлений у перерахунку на 100-бальну шкалу.

Таблиця 1

$R_c = 350, R = 595$	$R_c = 60, R = 100$		
Загальна реальна кількість балів у відкритій системі оцінок $RD = r_c + r_E$	Загальна реальна кількість балів у 100-бальній системі оцінок	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
$565 \leq RD$	$95 \leq RD$	<i>A</i> – відмінно	відмінно
$506 \leq RD < 564$	$85 \leq RD < 94$	<i>B</i> – дуже добре	добре
$446 \leq RD < 505$	$75 \leq RD < 84$	<i>C</i> – добре	добре
$409 \leq RD < 445$	$65 \leq RD < 74$	<i>D</i> – задовільно	задовільно
$387 \leq RD < 408$	$60 \leq RD < 64$	<i>E</i> – достатньо	задовільно
$RD < 386$	$RD < 60$	<i>FX</i> – незадовільно	незадовільно
$r_c < 50\% R_c = 175$	$r_c < 50\% R_c = 30$	<i>F</i>	не допущений

Примітка: Якщо реальні стартові бали студента $r_c \geq 0,9 \cdot R_c = 0,9 \cdot 350 = 315$ (або в столбальній системі $r_c \geq 0,9 \cdot R_c = 0,9 \cdot 60 = 54$), то екзаменатор має право без додаткового опитування виставити (за згодою студента) оцінку «добре» (*B* або *C* у системі ECTS).

Таким чином, застосування системи, основу якої становить робота з конспектом і спосіб перевірки знань з використанням конспекту, дає можливість організації ґрунтовної самостійної роботи студента у справі навчання.

Висновки. В умовах застосування рейтингової системи оцінок дуже важливо організувати самостійну роботу студентів над теоретичним матеріалом, а також оцінку цієї роботи. Ефективним засобом для цього може стати конспект, а способом контролю – колоквиум з використанням конспекту.

Література

1. Сусь Б. А. Електрика. Курс лекцій для самостійної роботи студентів / Сусь Б. А. – К. : ВІТІ НТУУ «КПІ», 2007. – 73 с.
2. Сусь Б. А. Електромагнетизм: курс лекцій : навчальний посібник для самостійної роботи курсантів / Сусь Б. А. – Львів : СВІТ, 1998. – 102 с.
3. Сусь Б. А. Коливання і хвилі : навчальний посібник для самостійної роботи студентів з електронним представленням / Б. А. Сусь, В. Ф. Заболотний, Н. А. Мислицька – К. : ВІТІ НТУУ «КПІ», 2009. – 190 с.
4. Сусь Б. А. Квантова фізика. Курс лекцій для самостійної роботи студентів / Б. А. Сусь. – К. : ВІТІ НТУУ «КПІ», 2007. – 117 с.
5. Сусь Б. А. Фізика твердого тіла і напівпровідників : навч. посібник для самостійної роботи студентів (курсантів) / Б. А. Сусь – К. : Просвіта, 2000. – 78 с.
6. Основні положення Болонського процесу. Впровадження в НТУУ «КПІ» / Укладач : О. А. Жученко. – К., 2006. – 30 с.

АКТИВІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ЗАСОБАМИ МУЛЬТИМЕДІА

О. Х. Тадеуш, М. С. Маріна

Україна, м. Одеса, Південноукраїнський національний педагогічний
університет імені К. Д. Ушинського
mary_pavlova89@mail.ru

Згідно з Положенням «Про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах», самостійна робота студентів (СРС) є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у вільний час від обов'язкових навчальних занять. Активізація навчально-пізнавальної діяльності повинна стати основою при СРС на сучасному етапі навчання у вищих навчальних закладах та важливою частиною діяльності процесу підготовки майбутніх учителів [1]. Постає потреба створення системи методичної підготовки майбутнього вчителя фізики, що має активізувати здатність студента до самостійного засвоєння знань, а також уміння використовувати здобуті знання, створювати власний стиль роботи. Одним із шляхів досягнення вказаної мети є посилення уваги до активізації навчально-пізнавальної діяльності майбутніх учителів фізики і проблем керівництва нею.

У працях Б. Г. Ананьєва, Л. П. Арістової, М. Т. Гарунова, П. І. Зінченка, О. М. Леонтєва, С. Л. Рубінштейна, А. А. Смірнова та багатьох інших зазначено, що СРС підвищує активність студентів, майбутніх учителів, та забезпечує глибоке, та міцне засвоєння навчального матеріалу і є найдієвішим чинником з-поміж тих, які розвивають особистість.

Проблемам активізації навчально-пізнавальної діяльності майбутніх учителів фізико-математичних дисциплін в процесі викладання профільних дисциплін присвячені дослідження О. А. Фурман, Л. М. Наконечної, С. В. Дембіцької, Я. І. Плаксія та ін. Так, С. В. Дембіцька вважає, що проблема активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів завжди була й залишається актуальною. На думку дослідника, активізація навчально-пізнавальної діяльності полягає у цілеспрямованій діяльності викладача з метою розробки і застосування такого змісту, форм, методів, прийомів і засобів навчання, які сприяють підвищенню пізнавального інтересу, активності, творчості, самостійності в одержанні знань, формуванні вмінь та навичок використання їх на практиці [2].

В умовах скорочення аудиторних годин за рахунок збільшення часу на самостійну роботу відбувається переорієнтація процесу навчання з лекційно-інформативної на індивідуально-диференційовану, особистісно-орієнтовану форми. Для цього потрібно впроваджувати необхідні

умови для вдосконалення СРС: кредитно-модульну систему та мультимедійні засоби навчання (МЗН), які спрямовані на поліпшення засвоєння необхідного матеріалу та активізацію навчально-пізнавальної діяльності студентів.

Вважаємо, що активність студентів визначається через допитливість, прагнення думати, пізнавальну самостійність у процесах сприйняття, відтворення, розуміння та творчого застосування інформації. Можна припустити, що критеріями сформованості активності студента виступають: ініціативність, дієвість, енергійність, інтенсивність, добросовісність, інтерес, самостійність, усвідомлення дій, воля, наполегливість в досягненні мети та творчість. Завдяки цим якостям є можливість простежити підвищення активності студентів в процесі навчально-пізнавальної діяльності.

Відповідно до наведених вище критеріїв було визначено такі рівні активності студентів у навчальній діяльності:

1. Низький – викладач викладає матеріал, ставить запитання, дає відповіді, показує способи розв'язання завдання, а студент слухає, записує та відтворює інформацію.

2. Середній – завдання розв'язуються спільними зусиллями викладача та студента; студенти залучаються у частковий пошук, виявляючи при цьому епізодичний інтерес до роботи, елементи творчості, самостійності тощо.

3. Високий – студенти самі здійснюють активний пошук відповіді, пропонують власні способи розв'язування завдань, виявляють стійкий інтерес, прагнення, добросовісне ставлення до роботи.

Як відомо, у процесі викладання фізики використовуються три основні види занять: лекції, практичні заняття, фізичний практикум, які доповнюють і збагачують один одного. Метою занять з фізики є надання цілісного уявлення про процеси і явища, що відбуваються в природі, про фундаментальні фізичні закони, основні поняття, закони і моделі, методи теоретичного і експериментального дослідження, формування практичних навичок роботи з фізичними приладами, обробки експериментальних даних методами математичної статистики тощо.

Практичні заняття є найважливішим структурним елементом предметної підготовки з фізики в педагогічному ВНЗ. Їх метою є повне розкриття науково-теоретичних принципів. Вони об'єднують теоретико-методологічні знання і практичні вміння студентів в єдиній навчально-дослідницькій діяльності. Практичне заняття з фізики спрямоване передусім на поглиблення і розширення знань, здобутих на лекціях або з першоджерел та різних видів посібників, застосування знань для перевірки законів та фізичних явищ.

Лабораторні роботи або фізичний практикум є надзвичайно важливою частиною курсу фізики. Лабораторні роботи дають можливість перевірити на практиці правильність теоретичних уявлень про фізичні явища, що вивчаються в лекційному курсі фізики. Крім того, на лабораторних роботах відпрацьовуються уміння й навички, необхідні для постановки експерименту. Перед лабораторним експериментом ставиться завдання не лише сприяти поглибленому засвоєнню навчального матеріалу та формуванню навичок користування вимірювальними приладами, а й формувати узагальнене експериментальне вміння, компонентами якого є теоретичне обґрунтування методу дослідження та планування експерименту.

Наведемо основні вимоги до лекційних занять з фізики:

- науковість, інформативність (сучасний науковий рівень, використання мультимедійних технологій (ММТ)), доказовість законів і їх аргументованість, наявність достатньої кількості яскравих, переконливих прикладів фізичних явищ, дослідів, обґрунтувань законів, документів і наукових доказів, емоційність форми викладу, активізація мислення майбутніх учителів фізики, постановка питань для міркування, постановка завдань для самостійного опрацювання;

- чітка структура й логіка розкриття питань, які викладаються послідовно; методична обробка – виведення головних фізичних формул і законів, підкреслення основних формул і висновків, повторення їх у різних формулюваннях;

- виклад доступною і ясною мовою, роз'яснення законів, термінів і фізичних значень; використання по можливості аудіовізуальних дидактичних матеріалів [3].

Розглянемо використання комп'ютерних технологій у процесі навчання на прикладі викладання лекційного матеріалу з молекулярної фізики і термодинаміки. Для цього виділимо найпоширеніші варіанти застосування комп'ютерних технологій викладачем на лекційному занятті. Перш за все ММТ використовуються викладачем для:

- демонстрації фізичних явищ, які неможливо відтворити через їх особливість (молекули та явища, пов'язані з молекулярним рухом, неможливо безпосередньо спостерігати) або через відсутність відповідного обладнання;

- підготовки навчальних посібників;

- вивчення нового матеріалу (застосування мультимедійних посібників, створених викладачем чи використання готових посібників і програм, залучення студентів до пошуку та презентації нового матеріалу);

- комп'ютерного контролю знань студентів,

- отримання і робота з інформацією в мережі Інтернет,
- створення і робота з сайтом освітнього закладу.

З метою активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів, майбутніх учителів фізики, був розроблений та впроваджений у навчальний процес мультимедійний комплекс з молекулярної фізики та термодинаміки.

Мультимедійний комплекс з молекулярної фізики та термодинаміки складається з сайту, головну сторінку якого можна побачити за посиланням: <http://asingo.od.ua/mary/> (рис. 1).



Рис. 1. Структура мультимедійного комплексу з молекулярної фізики та термодинаміки

Сайт містить у собі чотири основні блоки, до яких входять: програма курсу з молекулярної фізики та термодинаміки, тексти лекцій з курсу, тести для перевірки знань, підручники, які надають змогу щодо якісної самостійної роботи та дистанційного навчання студентів.

Детально розглянемо зміст блоків, з яких складався мультимедійний комплекс.

Перший блок містив програму курсу, яка є основним документом, що визначає обсяг вивчення тем теоретичного матеріалу для майбутніх учителів фізики. Програма призначена для студентів другого курсу Інституту фізики і математики Південноукраїнського державного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського та складена на основі типової програми з загальної фізики для фізичних спеціальностей державних університетів.

Програма курсу передбачає:

- теоретичну підготовку з основних розділів загального курсу фізики;
- практичну роботу (розв'язування задач, лабораторний практи-

- кум);
- методичну підготовку (консультації, підготовка рефератів, допомога студентам заочного відділення у їх практичній роботі);
 - самостійну роботу студентів (виконання програм самостійної роботи, робота з підручниками та фаховими виданнями).

Вона має комплексну структуру, що дозволяє студентам оволодіти фаховими засобами і прийомами і виконувати самостійну роботу з фаху відповідного рівня, допомагає викладачам формувати у студентів потребу у творчій роботі, високий рівень готовності до роботи в умовах школи та позашкільної роботи.

У розділі «Лекції з курсу “Молекулярна фізика та термодинаміка”» відкривається сторінка, на якій знаходиться 2 абзаци повного курсу лекцій та кнопка «ПОВНИЙ КУРС ЛЕКЦІЙ У ФОРМАТІ DOC», при натисканні на яку надається змога завантажити повний курс одним файлом. В лекціях дані всі необхідні поняття, формули, закони, графіки для якісного засвоєння матеріалу.

При переходу до блоку «ТЕСТИ» відкривається вікно, в якому знаходиться тести для перевірки знань після проходження курсу. Тести розділені на три рівні, до кожного рівня є відповіді, які допомагають студенту не тільки перевірити рівень засвоєння знань, а також виправити допущені помилки та пройти тест ще раз, не допускаючи помилок.

У блоці, де знаходяться підручники, представлені найпопулярніші підручники, якими радять користуватися під час вивчення курсу «Молекулярна фізика та термодинаміка», у форматах pdf та djvu.

Під час засвоєння лекційного матеріалу студенти мали можливість застосовувати створений мультимедійний комплекс «Молекулярна фізика та термодинаміка».

Для активізації самостійної навчально-пізнавальної роботи на протязі викладання курсу «Молекулярна фізика та термодинаміка» студентам давали завдання: самостійно знайти демонстраційний матеріал в мережі Інтернет та за допомогою засобів мультимедіа продемонстрували його на лекційних заняттях. З програми курсу були вибрані окремі теми та за допомогою засобів мультимедіа продемонстровані закони та явища, які не можливо було здійснити із застосуванням наявного демонстраційного обладнання та устаткування, а саме досліди, які потребують достатньо складного експериментального обладнання: демонстрація явища Джоуля-Гомсона; робота теплових двигунів; надтекучість гелію або досліди, які можна проводити тільки віртуально, наприклад: броунівський рух, розподіл молекул за швидкостями (розподіл Максвела), розподіл Больцмана (барометрична формула) тощо.

У таблиці 1 наведені змістові модулі й теми, з яких були взяті окре-

мі частини з програми курсу «Молекулярна фізика та термодинаміка» та продемонстровано по кожній темі відео-ролік.

Таблиця 1

Інтернет-ресурси демонстраційного матеріалу за змістовими модулями курсу «Молекулярна фізика та термодинаміка»

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів		
ТЕМА 3. Моделювання в МКТ. Ідеальний газ. Основні закони ідеального газу	Броунівський рух	youtube.com/watch?v=GXQxOvx1JO4 youtube.com/watch?v=D89zIIRS9bwg
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Статистичні розподіли в МКТ ідеального газу		
ТЕМА 5. Розподіл молекул у потенціальному силовому полі	Розподіл Больцмана	youtube.com/watch?v=lgp4RoKcMpg
ТЕМА 6. Розподіл молекул за швидкостями	Експериментальна перевірка закону розподілу Максвелла	youtube.com/watch?v=rj_3c_oi9VQ
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. Основи термодинаміки		
ТЕМА 9. Другий закон термодинаміки. Ентропія	Принцип роботи теплових двигунів	youtube.com/watch?v=gLvQEjGYDnA
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. Реальні гази. Рідини. Тверді тіла		
ТЕМА 13. Реальні гази	Ефект Джоуля-Томсона	youtube.com/watch?v=vn2f0_7eGLg

Після проходження курсу з молекулярної фізики та термодинаміки були зроблені висновки, що активізація навчально-пізнавальної діяльності майбутніх учителів фізики засобами мультимедіа сприяє:

- стимулюванню когнітивних аспектів навчання, таких як сприйняття і усвідомлення інформації;
- підвищенню мотивації у студентів до вчення нового матеріалу за допомогою засобів мультимедіа;
- розвитку навичок спільної роботи і колективного пізнання у навчанні;
- розвитку у студентів глибшого підходу до навчання, і, отже, тягне

формування глибшого розуміння матеріалу, що вивчається.

Окрім цього, до числа переваг використання мультимедійного комплексу у навчанні можна віднести:

– одночасне використання декількох каналів сприйняття студентами в процесі навчання, за рахунок чого досягається інтеграція інформації, що доставляється декількома різними органами чуття;

– можливість моделювання складних, дорогих або небезпечних в реальному світі експериментів, проведення яких на лекціях складно або неможливо взагалі;

– візуалізація абстрактної інформації за рахунок динамічного представлення процесів за допомогою ММТ;

– візуалізація об'єктів і процесів мікро- і макросвітів.

Література

1. Наказ Міністерства освіти України від 2 червня 1993 року № 161 «Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах».

2. Дембіцька С. В. Активізація навчально-пізнавальної діяльності студентів коледжів економічного профілю у процесі вивчення фізики : автореферат. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Дембіцька Софія Віталіївна ; Кіровоград. держ. пед. ун-т ім. В. Винниченка. – Кіровоград, 2011. – 16 с.

3. Роль і місце лекції у вузі [Електронний ресурс] / PSI-HELP.COM : Психологія та педагогіка. – Режим доступу : <http://psi-help.com/lekczy-z-pedagogchno-psixolog/100-rol--mscze-lekcz-u-vuz.html>

ПІДГОТОВКА ВЧИТЕЛЯ АСТРОНОМІЇ ДО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З АСТРОФІЗИЧНИМ ЗМІСТОМ

І. А. Ткаченко, Ю. М. Краснобокий
Україна, м. Умань, Уманський державний педагогічний університет
імені Павла Тичини
igor.tkachenko@rambler.ru

Вищі навчальні заклади України, які здійснюють підготовку майбутніх вчителів, не можуть залишитись осторонь прискореного випереджувального інноваційного розвитку освіти і науки, що в свою чергу вимагає забезпечення умов для самоствердження і самореалізації особистості впродовж життя. Реформування або трансформація природничо-наукової освіти, в тому числі й з метою більш повного відображення в ній тенденцій розвитку природничо-наукових знань повинні бути одночасно й адекватними цілям природничо-наукової освіти в цілому.

Практика стану сучасного інформаційного суспільства засвідчує, що нинішні тенденції та перспективи його розвитку базуються і надалі будуть базуватися на знаннях. Особлива роль у цьому процесі належить фундаментальним знанням, які завжди були рушійною силою виробництва. Тому формування фундаментальних знань у фахівців, яких готує вища школа, є одним з основних її завдань. Як відомо, фундаментальні знання формуються у процесі опанування фундаментальних наук, які в навчальних планах відповідних напрямів підготовки спеціалістів віднесені до циклу природничо-наукових.

Найбільш фундаментальними природничо-науковими дисциплінами є фізика і астрономія, вони є основою формування знань щодо сучасної наукової картини світу. Взаємозв'язок астрономії й фізики першочергово визначається тим, що астрономія містить у собі весь діапазон понять сучасної фізики й повною мірою спирається на її закони. Справедливість суджень фізичних теорій у формуванні єдиної природничо-наукової картини світу блискуче підтверджується результатами сучасних астрономічних досліджень. Конкретизація знань про фізичні теорії і окремі теоретичні положення сучасної фізики на астрономічному матеріалі (і навпаки), а також обґрунтування даних сучасної космології на основі фундаментальних фізичних теорій є переконливою ілюстрацією взаємозв'язку емпіричних і теоретичних методів (і рівнів) пізнання та сучасних тенденцій цього взаємозв'язку.

Стосовно підготовки вчителів астрономії у педагогічних університетах хотілося б заострити увагу на необхідності поглибленого інтегрованого підходу до вивчення фізики і астрономії (астрофізики) – дисцип-

лін, предмет вивчення яких якраз і складають природні явища. Особливо актуальним це є в даний час, коли людство значно підвищує інтерес до проблеми походження (народження) Всесвіту, (до досліджень на адронному колайдері), тривалості його розвитку, скінченності його буття тощо; до пошуку взаємозв'язків між процесами у мегасвіті і мікросвіті (розвиток фізики нанопростору і нанотехнологій); до сучасної моделі фізичної картини світу.

Одним із шляхів формування інтегрованих фундаментальних знань з природничих наук є розв'язування студентами на практичних заняттях з фізики та астрономії спеціально дібраних задач з астрофізичним змістом.

Нижче наводимо приклади порівняно простих задач такого змісту з різних розділів фізики та астрономії.

1. Місяць обертається навколо Землі з періодом $T = 27,3$ доби відносно зір. Середній радіус орбіти Місяця $R = 3,8 \cdot 10^5$ км. Визначити лінійну швидкість V руху Місяця навколо Землі та його нормальне прискорення a_n .

Дано: $T = 27,3$ доби; $R = 3,8 \cdot 10^5$ км;

$V = ?$ $a_n = ?$

Розв'язання

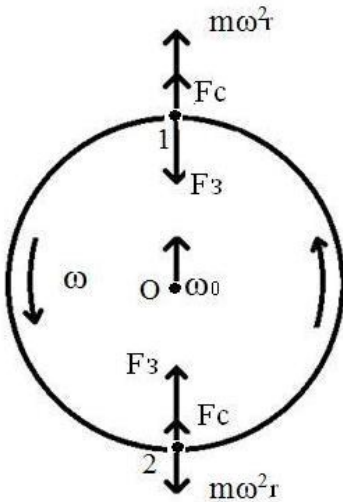
1) Лінійна швидкість $V = \frac{S}{t}$. $\mathbf{v} = \frac{\mathbf{S}}{t}$. У нашому випадку $S = 2\pi R$;

$$t = T. \text{ Отже, } V = \frac{2\pi R}{T} = 3650 \left(\frac{\text{км}}{\text{год}} \right) \mathbf{v} = \frac{2\pi R}{T} = 3650 \left(\frac{\text{км}}{\text{год}} \right).$$

$$2) a_n = \frac{V^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R = (2\pi\nu)^2 R = 4\pi^2 \nu^2 R;$$

Оскільки $\nu = \frac{1}{T}$, $\mathbf{v} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{T}}$, то $a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 35 \left(\frac{\text{км}}{\text{год}^2} \right)$.

2. Тіло на екваторі Землі зважують на пружинних терезах опівдні, коли гравітаційні сили Землі і Сонця діють на нього в різні сторони. Одноразом таке ж тіло зважується опівночі в діаметрально протилежній точці земної кулі, коли гравітаційні сили з боку Землі і Сонця діють на нього в одному напрямі. Вага якого тіла буде більша, якщо: 1) якщо неоднорідністю гравітаційного поля Сонця навколо Землі знехтувати; 2) неоднорідність гравітаційного поля Сонця врахувати? Вважати, що крім Сонця і Землі, на зважувані тіла інші небесні тіла не впливають [2; 3].



Розв'язання

1) Якщо вважати, що гравітаційне поле Сонця навколо Землі однорідне, то тіла в діаметрально протилежних точках Землі будуть притягатися нею з однаковою силою, тому $P_1 = P_2$.

2) Якщо враховувати неоднорідність гравітаційного поля Сонця, то вага тіл в діаметрально протилежних точках земної кулі 1 (день) і 2 (ніч) будуть відповідно дорівнювати:

$$P_1 = F_3 - F_c(R-r) - m\omega^2 r + m\omega_0, \quad (1)$$

$$P_2 = F_3 + F_c(R+r) - m\omega^2 r - m\omega_0, \quad (2)$$

де F_3 і F_c – сили гравітаційного притягання Землі і Сонця відповідно; R – відстань між центрами Землі і Сонця; r

– радіус Землі; ω_0 – прискорення руху центра Землі під дією гравітаційного притягання Сонця; m – маса тіла. Очевидно, що $m\omega_0 = F(R)$. (3)

Знаходимо різницю між (2) і (1) з врахуванням (3):

$$P_2 - P_1 = [F_c(R+r) - F_c(R)] + [F_c(R-r) - F_c(R)]. \quad (4)$$

Розклавши обидві різниці в квадратних дужках (4) у ряд Тейлора і обмежившись числами другого порядку по r , отримаємо:

$$P_2 - P_1 = \frac{d^2 F_c}{dR^2} r^2. \quad (5)$$

Перетворимо вираз (5), використавши співвідношення закону все-

світнього тяжіння: $F_c = G \frac{Mm}{R^2} = \frac{4\pi^2 R}{T^2 m}$. (6) та ваги тіла $P = mg$. (7)

де M – маса Сонця; T – період обертання Землі навколо Сонця; m – маса тіла, що зважується.

З урахуванням (6) і (7) із (5) отримаємо: $\frac{P_2 - P_1}{P} = \frac{24\pi^2}{gT^2} \frac{r^2}{R}$. (8)

Якщо добуток gT^2 замінити дробом $\frac{gT^2}{2}$, то очевидно це буде шлях

S , який би проходила Земля протягом року, якби вона рухалася рівно-прискорено з прискоренням g . Тобто, (8) можна подати у вигляді:

$$\frac{P_2 - P_1}{P} = 12 \frac{\pi^2 r^2}{SR}. \quad (9)$$

Підраховуючи відстань S , отримуємо $S \approx 5 \cdot 10^{15}$ м. Звідси $\frac{P_2 - P_1}{P} \approx 6,5 \cdot 10^{-12}$.

3. Температура поверхневого шару Сонця (фотосфери) – близько 6000 K. Чому поверхню Сонця не покидають атоми водню, з яких в основному й складається фотосфера?

Дано: $T = 6000$ K;

$V - ?$

Розв'язання

Щоб покинути фотосферу Сонця атоми водню повинні мати середню квадратичну швидкість не меншу від другої космічної для Сонця.

Середня квадратична швидкість атомів водню у фотосфері рівна:

$$\langle V \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 1,2 \cdot 10^4 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right), \text{ де } m - \text{ маса атома водню; } k - \text{ стала Больцмана.}$$

на.

$$\text{Друга космічна швидкість для Сонця: } V_{II} = \sqrt{2G \frac{M_c}{R_c}} = 6,1 \cdot 10^5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right),$$

де M_c – маса Сонця; R_c – радіус Сонця.

З порівняння видно, що $\langle V \rangle$ в 51 раз менша від V_{II} , тому більшість атомів водню не можуть вирватися з поля тяжіння Сонця. Лише незначна кількість атомів водню, швидкість яких набагато більша від $\langle V \rangle$, можуть вилетіти в космос – саме вони і створюють «сонячний вітер».

4. Космічні промені «блукають» у Галактиці, відхиляючись у міжзоряних магнітних полях. Цей процес подібний до явища дифузії. Знайти час τ , за який частинки пройдуть шлях порядку розмірів Галактики – $R \approx 5 \cdot 10^{20}$ м, якщо ефективна довжина їх вільного пробігу $\langle \lambda \rangle \approx 3 \cdot 10^{18}$ м.

Дано: $R \approx 5 \cdot 10^{20}$ м; $\langle \lambda \rangle \approx 3 \cdot 10^{18}$ м;

$\tau - ?$

Розв'язання

Завдяки хаотичному переміщенню («блуканню») космічних частинок відбувається вирівнювання їх середньої концентрації через явище дифузії. Коефіцієнт дифузії космічних частинок (подібно до броунівських) виражають через середній квадрат зміщення частинки в напрямі,

$$\text{наприклад, осі } X \text{ за час } \tau: D = \frac{1}{2} \frac{\langle \Delta x^2 \rangle}{\tau}.$$

Враховуючи, що космічні частинки дифундують по всьому просторі (по 3-х осях координат), то (1) матиме вигляд: $D = \frac{1}{6} \frac{\langle \Delta x^2 \rangle}{\tau}$, звідки

$$\tau = \frac{\langle \Delta x^2 \rangle}{6D}. \text{ Згідно умови задачі } \langle \Delta x^2 \rangle = R^2. \text{ Тому } \tau = \frac{R^2}{6D}.$$

З теорії явищ переносу відомо, що $D = \frac{1}{3} \cdot \langle V \rangle \langle \lambda \rangle$, де $\langle V \rangle$ – середня арифметична швидкість частинок; $\langle \lambda \rangle$ – середня довжина їх вільного пробігу.

Підставивши (4) в (3) з урахуванням, що V – швидкість космічної частинки, близька до швидкості світла c у вакуумі, отримуємо

$$\tau \approx \frac{R^2}{2 \langle \lambda \rangle c} \approx 1,4 \cdot 10^{14} \text{ (с)} \approx 4,4 \cdot 10^6 \text{ років.}$$

5. Радіус одного із астероїдів $r = 2,5 \cdot 10^3$ м. Вважаючи, що густина астероїда $\rho_a = 5,5 \cdot 10^3$ кг / м³, знайти прискорення сили тяжіння g_a на його поверхні і визначити на яку висоту піднялася б людина, якщо вона підстрибне на астероїді із зусиллям, яке достатнє для стрибка на Землі на висоту 0,5 м.

$$\text{Дано: } r = 2,5 \cdot 10^3 \text{ м; } \rho_a = 5,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; h = 0,5 \text{ м.}$$

$$g_a - ? \quad h_a - ?$$

Розв'язання

$$m g_a = G \cdot \frac{m M}{r^2} = G \cdot \frac{4 \pi r^3 \rho_a}{3 r^2}, \text{ звідки } g_a = \frac{4}{3} \pi G r \rho_a \approx 0,385 \cdot 10^{-2} \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right).$$

При однаковому зусиллі для стрибка початкові швидкості людини $V^2 = 2gh$ будуть однакові на Землі і на астероїді, тобто $g_a h_a = g h$,

$$h_a = \frac{gh}{g_a} \approx 1270 \text{ (м)}.$$

6. Дві зорі обертаються одна відносно одної з постійними за модулями швидкостями V_1 і V_2 і з одним й тим же періодом T . Знайти маси зір і відстань між ними.

$$\text{Дано: } V_1; V_2; T;$$

$$m_1 - ? \quad m_2 - ?$$

Розв'язання

Зорі рухаються по колових орбітах, радіуси яких r_1 і r_2 . Ці кола мають спільний центр – центр мас цієї системи. Відстань між зорями дорівнює $r_1 + r_2$. Таким чином можна записати, що $F_{1,2} = F_{зп.}$, де

$$F_{1,2} = \frac{m_{1,2} \cdot v_{1,2}^2}{r_{1,2}}; F_{зп.} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{(r_1 + r_2)^2}. \quad r_{1,2} = \frac{V_{1,2}}{\omega} = \frac{T}{2\pi} V_{1,2}; \quad r_1 + r_2 = \frac{T}{2\pi} (V_1 + V_2).$$

$$m_1 = \frac{TV_2}{2\pi G} (V_1 + V_2)^2; m_2 = \frac{TV_1}{2\pi G} (V_1 + V_2)^2.$$

Конструювання задач з розділів загальної фізики та астрофізики (зокрема, елементи астрофотометрії) є ефективним в інтеграційному розрізі генералізації фізичних і астрономічних знань навколо фундаментальних фізичних ідей і наукових теорій.

Така практика проведення практичних занять дала можливість модернізувати методичну систему підготовки майбутніх учителів природничо-наукової спрямованості, дозволила глибше реалізовувати дидактичні й психологічні принципи розвивального навчання, індивідуалізації та диференціації навчання, діяльнісний і комплексний підходи на основі ширших можливостей моніторингу якості навчальних досягнень студента. У зв'язку з цим потребують подальшого поглиблення міжпредметні зв'язки фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплін (методика навчання фізики, загальна фізика, теоретична фізика, радіоелектроніка, астрономія, методика навчання астрономії, астрофізика та ін.), які цілісно забезпечують компетентнісне опанування складовими методичної системи у підготовці майбутнього вчителя фізики і астрономії. У контексті зазначеного, підготовку вчителя фізики і астрономії доцільно спрямовувати на забезпечення застосування теоретичних знань на практиці, а саме – на розв'язування задач.

Література

1. Дагаев М. М. Сборник задач по астрономии : учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов / М. М. Дагаев. – М. : Просвещение, 1980. – 128 с., ил.
2. Краснобокий Ю. М. Розв'язування задач з фізики (Квантова фізика. Фізика атома та атомного ядра) / Ю. М. Краснобокий, П. П. Товбушенко, М. М. Яровий. – Умань : СПД Жовтий, 2008. – 132 с.
3. Ткаченко І. А. Геометричний спосіб розв'язування задач із сферичної астрономії / І. А. Ткаченко // Фізика та астрономія в школі. – 2006. – №5. – С. 25–28.

ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ЕФЕКТИВНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Т. М. Точиліна

Україна, м. Запоріжжя, Запорізька державна інженерна академія
toch2008@mail.ru

Аналізуючи сучасний стан вищої технічної освіти, можна сказати, що традиційна система навчання вимагає переосмислення своїх основ, принципів, форм, методів і розробку нових, істотно змінених, які відповідатимуть вимогам суспільства. Фізика у технічному університеті є фундаментальною основою дисциплін технічного напрямку, пов'язана з дисциплінами гуманітарного й економічного напрямків, тому підготовка високопрофесійного фахівця залежить від ефективності процесу навчання фізики у даному університеті.

Досягнення високої якості технічної освіти, її інтенсифікація неможлива без використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), що все частіше використовуються у процесі підготовки майбутніх фахівців, оскільки стають основою для створення технічної бази навчальних занять, сприяють розробці нових дидактичних методів здійснення навчального процесу.

На сучасному етапі процесу комп'ютеризації курсу фізики є ряд проблем, найбільш актуальною з яких є відсутність єдиного системного підходу до застосування комп'ютера при модульному навчанні фізиці у технічному університеті.

Ми вважаємо, що модель ефективного навчання фізики базується на трьох концепціях.

1. *Асоціативно-рефлекторна концепція*, відповідно до якої найвищий результат у навчанні досягається при дотриманні наступних умов: а) формування активного відношення при навчанні з боку студентів; б) подання матеріалу у визначеній послідовності; в) демонстрація і закріплення знань у завданнях різних прийомів розумової і практичної діяльності; г) застосування знань на практиці.

2. *Особисто-орієнтована* концепція спирається на діяльнісний підхід. Головна теза концепції зв'язана з переосмисленням ролі і місця предметної підготовки в навчанні. Володіння предметом навчання перстає бути центральною задачею, оскільки предмет навчання стає інструментом реалізації цілей, зв'язаних із забезпеченням розвитку студента. Це сприяє становленню різних форм рефлексії, конструюванню різних форм, у яких зв'язуються в одне ціле як освітній процес (власна навча-

льна діяльність), так і його осмислення і дослідницька робота.

3. Третя концепція модернізації фізичної освіти передбачає процес її *інформатизації*. Інформатизація фізичної освіти – це процес забезпечення сфери фізичного навчання методологією і практикою розробки й ефективного використання комп'ютерних технологій, орієнтованих на реалізацію педагогічних цілей навчання.

Реалізацією цих концептуальних положень, на наш погляд, є модульне навчання при його комп'ютерній підтримці. Методологічні засади модульного навчання фізики у вищій школі, його сутність, основні принципи та переваги розглянуті нами у роботі [1].

У даній статті ми намагаємось довести, що комп'ютерні технології розвивають ідеї модульного навчання, відкривають зовсім нові, ще не досліджені технологічні варіанти навчання, зв'язані з унікальними можливостями сучасних комп'ютерів і телекомунікацій.

На кафедрі фізики ЗДІА розроблено комп'ютерний модульний курс фізики, який містить у собі: а) теоретичний розділ – конспекти лекцій з загального курсу фізики в електронному варіанті; б) анімаційний лабораторний практикум; в) мультимедійні лекційні демонстрації; тестову програму.

Структурною одиницею комп'ютерного курсу є модуль. Модуль включає теоретичну, практичну, експериментальну частину і матеріали для самостійної підготовки. Структурування проводиться на основі єдиної системи взаємообумовлених і зв'язаних між собою елементів теорії, для яких можна вказати спільну ідею і сконцентрувати навчальний матеріал. Таке конструювання курсу фізики забезпечує досягнення кожним студентом поставленої дидактичної мети і дозволяє формувати в студентів готовність до усвідомленого сприйняття нової інформації. Розробка нами методичного забезпечення комп'ютерного курсу і наявність технічного забезпечення (комп'ютерного класу) дозволяє нам успішно проводити реалізацію модульного навчання за допомогою комп'ютера.

Центральне місце у навчальному процесі вищої школи займає лекція, що є первинним джерелом знань, з якого беруть початок, розвиваються й удосконалюються всі інші види занять – практичні, лабораторні й самостійні. Стрімкий розвиток способів візуалізації дозволяють істотно підвищити ефективність лекційних курсів. Це пов'язано як з можливістю за допомогою прикладних програм зробити більш змістовним і глибоким викладання курсу фізики, так і можливістю демонстрації якісного ілюстративного матеріалу й фізичного експерименту, що за допомогою традиційних способів зробити практично неможливо.

Нами розробляється курс мультимедійних лекцій з модульного курсу фізики. Мультимедійні лекції – це об'єднання в комп'ютерній системі

таких способів подання даних, як текст, звук, графіка, мультиплікація й відео зображення, що забезпечує якісно новий рівень сприйняття інформації. Мультимедійні лекції роблять фізичні явища й закони більше зрозумілими для студентів, що сприяє їх кращому засвоєнню й розумінню, наближає абстрактні фізичні закономірності до практики, підвищує пізнавальну активність студента.

Виконання лабораторних робіт дослідницького й експериментального характеру є однією з найбільш активних форм вивчення фізики. Вона дозволяє студентам спостерігати фізичні явища в різних умовах, виявляти їх закономірності, ознайомитися з технічними засобами і методами виміру фізичних величин. Завдання лектора – органічно зв'язати лабораторний практикум з модульним лекційним курсом, так дібрати лабораторні роботи, щоб їх виконання допомагало глибше знайомити студентів з питаннями, досліджуваними у даному модулі.

Лабораторний практикум з фізики містить багато сприятливих можливостей не тільки для підвищення якості навчання фізиці майбутніх фахівців, але також і рівня їхньої підготовленості в цілому. Фізика – наука експериментальна, тобто все фізичне знання здобує з досвіду. Проте моделі грають у фізиці настільки ж велику роль, а теорія має справу виключно з моделями, тобто з ідеальними образами явища, яке вивчається, або фізичної системи. Впровадження ІКТ дозволить підсилити «модельну» сторону фізичної освіти. Застосування комп'ютерних моделей дозволяє усвідомити наближеність наукового опису в дійсності. Це має велике значення для формування правильного наукового світогляду студента.

Вивчаючи різні варіанти використання комп'ютера в експерименті, ми виділили кілька основних напрямків його застосування:

1. Застосування комп'ютера для обробки даних експерименту.
2. Застосування комп'ютера для безпосереднього проведення експерименту (для одержання експериментальних даних).

Без сумнівів, самою звичною областю застосування комп'ютера у процесі вивчення фізики є виконання чисельних розрахунків фізичних величин на основі аналітичних рівнянь, які отримує студент при рішенні фізичних задач чи обробці даних лабораторних робіт. Тому окремої уваги заслуговує застосування в навчанні фізиці електронних таблиць, методика застосування яких вичерпно розкрита у роботах І. О. Теплицького.

Навчальний комп'ютерний експеримент реалізується у двох основних формах: комп'ютерна демонстрація й комп'ютерна лабораторна робота. За наявності експериментальної бази дублювання реальних демонстраційних дослідів в комп'ютерній моделі не має сенсу, краще побачи-

ти досвід «живцем». Обмежені можливості традиційного лабораторного практикуму – складність постановки експерименту, відсутність складного й дорогого обладнання, а також доступу до реальних об'єктів дослідження, можна знешкодити шляхом втілення в процес навчання комп'ютерних технологій. Вказані причини спонукали нас до створення комп'ютерного лабораторного практикуму, який містить у собі роботи з усіх розділів фізики, які вивчаються у ВТНЗ. За його допомогою моделюються і докладно вивчаються фізичні явища, робота фізичних пристроїв і полегшується наочне пізнання їх суті.

Важко уявити собі повноцінну підготовку фахівця з більшості інженерних спеціальностей без його ознайомлення з реальними фізичними приладами й обладнанням й отримати навички роботи з ними, тому найбільш плідним є поєднання традиційного та комп'ютерного експерименту.

При проведенні комп'ютерних лабораторних робіт: по-перше, розширюються можливості проведення експериментів в галузях фізики, у яких проведення реальних експериментів або неможливо через їх небезпеку, або ускладнено за якимись причинами; по-друге, розширюються межі зміни параметрів приладів, що в реальних умовах часто буває неможливо; по-третє, роботи виконуються дуже швидко. Цей фактор є важливим не тільки з погляду обмеженості навчального часу, але й з погляду можливості повторення експерименту з іншими параметрами, на інших матеріалах або в інших умовах; по-четверте, можлива швидка перевірка знань студентів; по-п'яте, негативна оцінка знань на комп'ютері не наносить психологічної травми студенту. Студенту, доступно проходити багаторазове тестування і він поступово збільшує свій багаж знань.

Розроблені нами комп'ютерні тестові завдання допомагають оперативно визначати рівень знань з кожного модуля. До особливостей комп'ютерного тестування, які суттєво відрізняють його від інших методів контролю, можна віднести наступні: технологічність тестових завдань істотно підвищує швидкість перевірки проходження тесту; можливість створення декількох варіантів тесту дозволяє проведення тестування для більшої аудиторії студентів; за змістом тест може охоплювати великий обсяг контрольованого матеріалу; автоматизована перевірка результатів виключає суб'єктивний фактор оцінювання відповідей; можливість комп'ютерної статистичної обробки результатів тестування істотно підвищує об'єктивність контролю.

Проведені на кафедрі фізики дослідження довели, що комп'ютерні технології навчання органічно забезпечують реалізацію позитивних тенденцій модульного навчання, а саме: індивідуалізацію та диференціація

процесу навчання; здійснення контролю зі зворотним зв'язком, з діагностикою помилок і оцінкою результатів навчальної діяльності; здійснення самоконтролю і самокорекції; здійснення тренування в процесі засвоєння навчального матеріалу і самопідготовки студентів; звільнення навчального часу за рахунок виконання на комп'ютері трудомістких обчислювальних робіт і діяльності, яка зв'язана з числовим аналізом; комп'ютерна візуалізація навчальної інформації: по-перше, досліджуваного об'єкта, по-друге, досліджуваного процесу; моделювання й імітація досліджуваних об'єктів, процесів, явищ; проведення лабораторних робіт в умовах імітації в комп'ютерній програмі реального досвіду чи експерименту; створення і використання інформаційних баз даних, необхідних у навчальній діяльності; посилення мотивації навчання (наприклад, за рахунок образотворчих засобів програми); озброєння студента стратегією засвоєння навчального матеріалу; формування уміння приймати оптимальні рішення; формування культури навчальної діяльності, інформаційної культури студента і викладача.

Перспективу подальших досліджень ми бачимо в створенні нової логічно завершеної, цілісної моделі ефективного навчання й адекватної методичної системи, здатної в умовах нової освітньої парадигми підвищити рівень фізичної освіти.

Література

1. Точиліна Т. М. Кредитно-модульна система організації навчального процесу – інноваційна технологія в навчанні фізиці у вищій технічній школі / Точиліна Т. М. // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія №5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Випуск 7 : збірник наукових праць / За ред. В. Д. Сиротюка. – К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2009. – С. 222-226.

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РУХУ НЕБЕСНИХ ТІЛ В ОБМЕЖЕНІЙ ЗАДАЧІ ТРЬОХ ТІЛ

В. І. Тишук, І. Л. Семешчук, В. О. Мислінчук
Україна, м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет
semeshchuk@ukr.net

Постановка проблеми. Актуальність вирішення проблеми формування основних прийомів навчально-дослідницької діяльності учнів старших класів середньої школи при вивченні фізики вимагає використання таких навчальних завдань, які були б практично значущими для учнів, які демонстрували б міжпредметні зв'язки та потребували застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для ефективної їх реалізації, були цікавими та мали практичне застосування.

Важливою задачею небесної механіки є задача трьох тіл. Це задача про рух трьох матеріальних точок в полі взаємного тяжіння. В ній описується потрійна зоряна система, така як система «Земля – Місяць – Сонце», або «Сонце – планета – комета», або «Земля – Місяць – ШСЗ» і т.п. В загальній задачі трьох тіл розглядається випадок, коли маса однієї з трьох матеріальних точок надзвичайно мала порівняно з масами двох інших точок, що суттєво її спрощує. Цей випадок дістав назву обмеженої задачі трьох тіл. Така задача вперше була розглянута П'єром Лапласом при дослідженні руху комет поблизу однієї з планет-гігантів. Ідеально вона описує ситуацію, коли одна з матеріальних точок – це космічний апарат. Знайдені розв'язки задають положення точки для тіла малої маси у стані рівноваги. Ці точки відносної рівноваги мають назву *точок лібрації* або *точок Лагранжа*, який першим у 1772 році виявив це явище.

Точки Лагранжа (лібрації) мають неабияке значення в астрономії і астродинаміці. Найбільш відоме явище, пов'язане з ними, – це існування двох груп астероїдів, які скупчилися в околах трикутних точок лібрації системи «Сонце – Юпітер». Оскільки астероїди, що рухаються на 60° попереду Юпітера, названі іменами героїв грецького війська, яке облогувало Трою, а ті, що рухаються на 60° позаду Юпітера, – іменами захисників Трої, то всі ці астероїди мають назву «троянців».

Дослідники в галузі космонавтики давно вже звернули увагу на точки Лагранжа. Достатньо нагадати, що в даний час кілька космічних апаратів, в першу чергу, астрофізичних обсерваторій, розміщені в різних точках Лагранжа Сонячної системи. Відмітимо також ту особливо важливу роль, яку обмежена задача трьох тіл відіграє в фізиці подвійних

зоряних систем.

Нашою метою є продемонструвати, як використовуючи сучасні інформаційно-комунікаційні технології можна створити комп'ютерну математичну модель, що відтворює сліди еквіпотенціальних ліній гравітаційного поля двох масивних небесних тіл та показати як за її допомогою визначити положення точок лібрації в цьому полі.

Виклад основного матеріалу. Комп'ютерне моделювання є сучасним методом наукових досліджень та інструментом пізнання оточуючої дійсності, який необхідний для розв'язування складних навчально-педагогічних проблем. Насамперед, це проблема здійснення міжпредметної інтеграції й формування на її основі світогляду з позицій єдиного підходу до вивчення різноманітних явищ навколишнього світу.

Питанням впровадження комп'ютерного моделювання досліджуваних процесів і явищ в практику роботи школи значна увага приділяється у роботах таких науковців, як В. К. Белошапка, А. Ф. Верлань, М. І. Жалдак, Ю. О. Жук, Л. Р. Калапуша, В. С. Коваль, Л. Д. Костенко, Р. П. Кухарчук, В. І. Межуєв, В. П. Муляр, О. С. Лесневський, Т. В. Малкова, О. П. Михайлов, Л. Л. Панченко, С. А. Раков, Ю. С. Рамський, В. Б. Распопов, О. А. Самарський, С. О. Семеріков, А. М. Сільвейстр, В. І. Сумський, І. О. Теплицький, Г. Ю. Цибко та інших.

Для успішного використання методу математичного моделювання насамперед потрібно знати та використовувати готові програмні засоби для аналітичного, графічного, чисельного розв'язування математичних задач, які є математичними моделями фізичних систем або явищ. Велика різноманітність сучасних електронних засобів навчання ставить нас перед необхідністю якісного їх добору. Цікавими з точки зору використання методу комп'ютерного моделювання на уроках фізики і астрономії є динамічні послуги програми GRAN1. Програма GRAN1 в основному орієнтована на використання при вивченні математики в школі. За її допомогою можна швидко будувати графічне зображення математичної моделі та проводити її дослідження. Покажемо, як даний програмний засіб можна використати в даному випадку.

Основою роботи з програмою є створення математичної моделі.

Розглядатимемо найпростіший випадок – колову обмежену задачу трьох тіл. В цьому випадку важкі точки з масами m_1 та m_2 знаходяться одна від одної на сталій відстані a і обертаються одна навколо одної або навколо їх центру мас зі сталою кутовою швидкістю

$$\omega = \frac{G(m_1 + m_2)}{\sqrt{a^3}} \quad (1)$$

В коловій обмеженій задачі трьох тіл доцільно перейти до барицентричної системи координат, яка обертається навколо центру мас з

кутовою швидкістю ω .

Нехай тіло нескінченно малої маси m весь час рухається знаходячись в полі тяжіння тіл m_1 та m_2 . Введемо систему координат для визначення руху тіла в обмеженій задачі трьох тіл.

Початок системи координат т. O – центр мас тіл m_1 та m_2 . Площина Oxy співпадає з площиною орбіти тіла m_2 відносно тіла m_1 . Поворот осі Ox до осі Oy співпадає з напрямком обертання тіла m_2 відносно тіла m_1 . Позначимо відстані до тіла m від тіл m_1 та m_2 відповідно r_1 та r_2 .

Кінетична енергія руху тіла m

$$E_k = -\frac{1}{2}mv^2. \quad (2)$$

Потенціальна енергія цього тіла

$$E_p = -Gm\left(\frac{m_1}{r_1} + \frac{m_2}{r_2}\right). \quad (3)$$

Згідно закону збереження енергії

$$E_k + E_p = \text{const.} \quad (4)$$

Для поверхні рівного потенціалу:

$$-\frac{1}{2}mv^2 - Gm\left(\frac{m_1}{r_1} + \frac{m_2}{r_2}\right) = \text{const.} \quad (5)$$

Розглянемо рис. 1. Введемо позначення: $AM = r_1$, $CM = r_2$, $AC = a$, $OB = x$, $OD = y$.

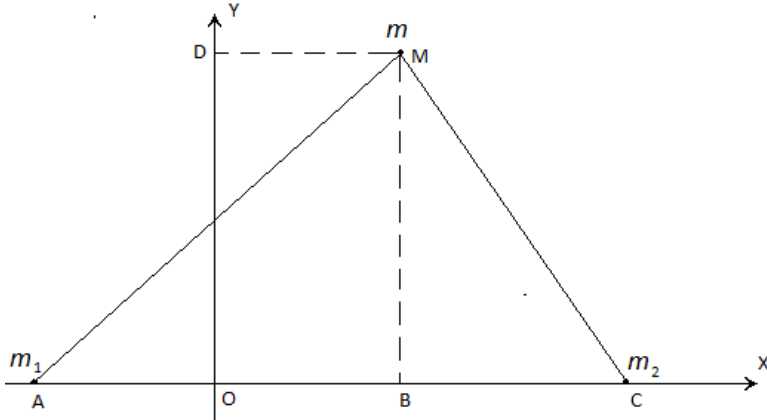


Рис. 1

Оскільки т. O – центр мас відрізка AC , маємо:

$$OA = \frac{m_2}{m_1 + m_2} AC, \quad OC = \frac{m_1}{m_1 + m_2} AC.$$

Тоді для r_1 та r_2 отримуємо:

$$r_1 = \sqrt{\left(x + \frac{m_2}{m_1 + m_2} a\right)^2 + y^2}, \quad r_2 = \sqrt{\left(x - \frac{m_1}{m_1 + m_2} a\right)^2 + y^2}. \quad (6)$$

В обмеженій задачі трьох тіл тіло m рухається навколо центра мас тіл m_1 та m_2 . Тому $v = \omega R$, де $R = OM = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Величини m_1 , m_2 , a , ω , G , що характеризують рух небесного тіла, набувають значень, які при побудові комп'ютерної моделі створюватимуть великі незручності, тому доцільно для подальшого розгляду задачі ввести спеціальну (канонічну) система одиниць. Візьмемо за одиницю довжини відстань a ($a = 1$ умовна одиниця довжини), за одиницю маси – суму мас ($m_1 + m_2 = 1$ умовна одиниця маси) і за одиницю часу – час, за який система координат повертається на один радіан ($\frac{T}{2\pi} = 1$ умовна

одиниця часу). Тоді величина кутової швидкості ω дорівнюватиме 1, а з (1) випливає, що гравітаційна стала G в цій системі одиниць також дорівнює 1. Позначимо масу m_1 в цій системі одиниць як μ , тоді маса точки $m_2 \in \mu - 1$, а координати точки $m_1 \in (1-\mu, 0, 0)$, а точки $m_2 \in (-\mu, 0, 0)$. Будемо також вважати, що $m_1 < m_2$.

При створенні графічного об'єкту з використанням програми GRAN1 вираз, що задає залежність між змінними, буде містити декілька параметрів. Введемо позначення: $\mu = P1$ та $C = P2$. Порядок використання параметрів при створенні об'єкта є довільним.

Для створення об'єкту в програмі GRAN1 треба записати вираз, що задає залежність між змінними x і y з врахуванням введених позначень:

$$0 = 0.5 * (X^2 + Y^2) + ((1 - P1) / \sqrt{(X + P1)^2 + Y^2}) + (P1 / \sqrt{(X - 1 + P1)^2 + Y^2}) - P2$$

Створена модель дає змогу провести якісне дослідження обмеженої колової задачі трьох тіл, що дозволяє виділити ті області, де рух точки малої маси може відбуватися за даними початковими умовами, і ті, де цей рух неможливий. Проведемо таке дослідження.

Нехай відносна швидкість v точки при її русі обернулася на нуль (при цьому прискорення буде відмінне від нуля). Геометричне місце точок, де це буде так, задається таким рівнянням:

$$(x^2 + y^2) - 2 \left(\frac{1 - \mu}{\sqrt{(x + \mu)^2 + y^2}} + \frac{\mu}{\sqrt{(x - 1 + \mu)^2 + y^2}} \right) = C \quad (7)$$

На площині Oxy це буде певна лінія, яку і назвемо лінією нульової швидкості або лінією Хілла (за ім'ям американського астронома Дж. Хілла). Дослідження проводимо для випадку $m_2 = 2 m_1$.

Почнемо подальший аналіз з достатньо великих значень сталої C . Якщо $C \gg 1$, то радіус $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ повинен бути значно більшим від 1 або має бути малою одна з відстаней r_1 або r_2 . В першому випадку другий доданок (тіло m знаходиться досить далеко від m_1 та m_2). Тому наближене рівняння лінії Хілла має вигляд $r^2 = C$, і ця лінія майже співпадає з колом радіуса C . В другому випадку рівняння лінії Хілла задає дві замкнені криві, одна з яких оточує точку m_1 , друга – точку m_2 . Ці криві мають в геометрії назву «овали» і зовні схожі на еліпси. Ці овали можна бачити на рис. 2 разом з колом $r^2 = C$. Рух точки малої маси можливий лише за межами кола з великим радіусом C або всередині одного з овалів, тобто поблизу однієї з точок m_1 або m_2 .

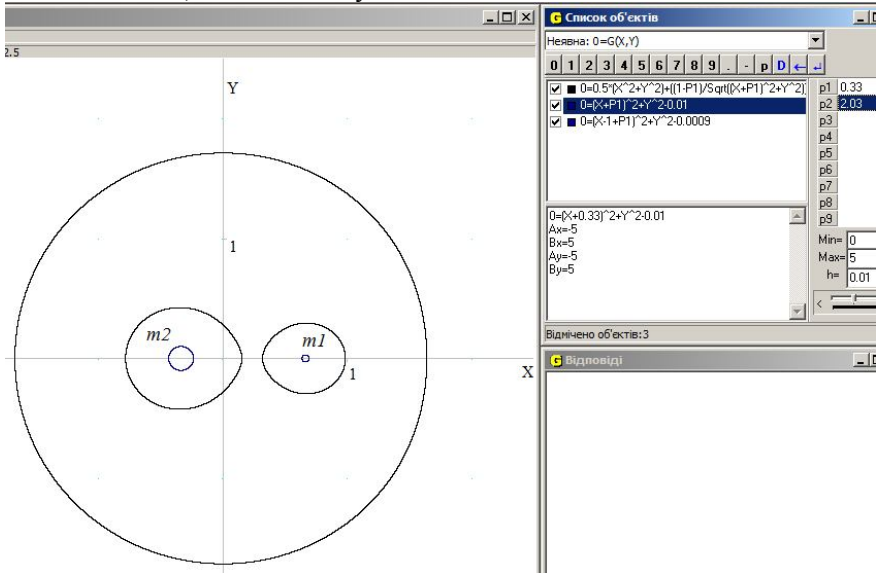


Рис. 2.

При зменшенні сталої C коло та овали почнуть все більше деформуватися, причому квазіколо почне зменшуватися, а квазіовали – збільшуватися. І при певному критичному значенні C_1 овали дотикнуться один до одного. Відбудеться це якраз у внутрішній точці лібрації L_1 (рис. 3). Точка L_1 лежить на прямій, що з'єднує два тіла з масами m_1 та m_2 і знаходиться між ними, у районі менш масивного тіла. Її наявність обумовлена тим, що гравітація тіла m_1 частково компенсує гравітацію тіла m_2 . При цьому чим більше m_2 , тим далі від нього буде розташовуватися ця точка.

При подальшому зменшенні величини C ($C < C_1$) горловина, що

з'єднує колишні овали, почне розширюватися, і область, де можливий рух точки М, стане двохзв'язною. При критичному значенні C_2 внутрішня та зовнішня лінії Хілла дотикнуться одна до одної в точці лібрації L_2 (рис. 4).

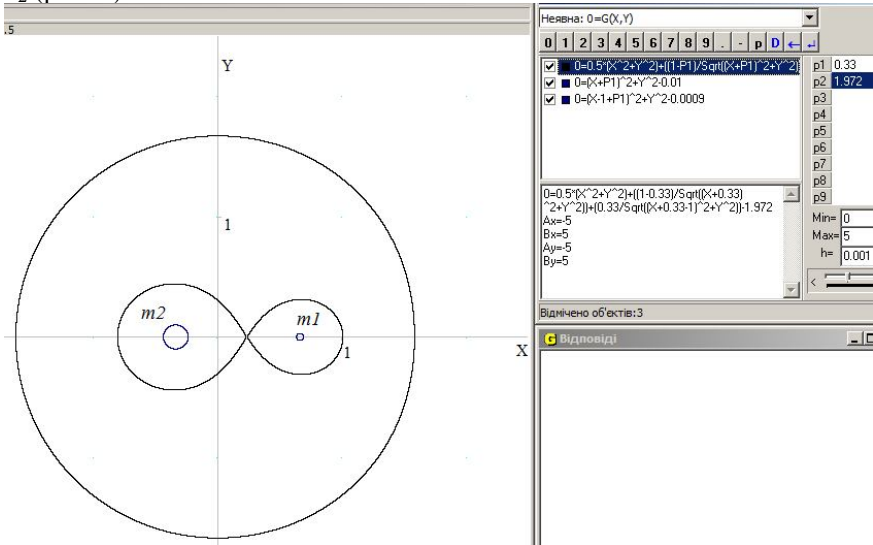


Рис. 3

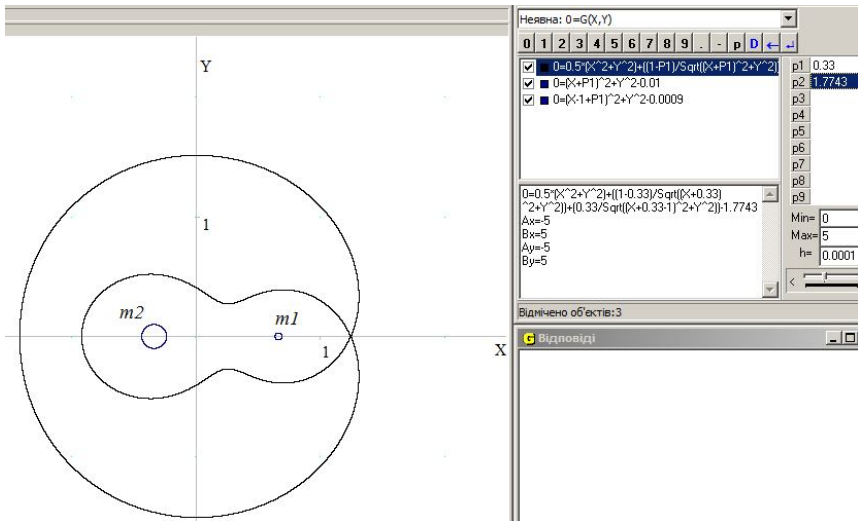


Рис. 4

Точка L_2 лежить на прямій, що з'єднує два тіла з масами m_1 та m_2 і знаходиться за тілом з меншою масою. Точки L_1 і L_2 розташовуються на одній лінії і симетричні щодо m_1 . У точці L_2 гравітаційні сили, що діють на тіло, компенсують дію відцентрових сил.

Потім при $C < C_2$ розширюватиметься горловина біля точки L_2 – область руху точки малої маси стане вже однозв'язною. Якщо і далі зменшувати значення C до критичного значення C_3 , то відбудеться дотикання зовнішньої і внутрішньої частин лінії Хілла в точці лібрації L_3 (рис. 5). Точка L_3 лежить на прямій, що з'єднує два тіла з масами m_1 та m_2 і знаходиться за тілом з більшою масою.

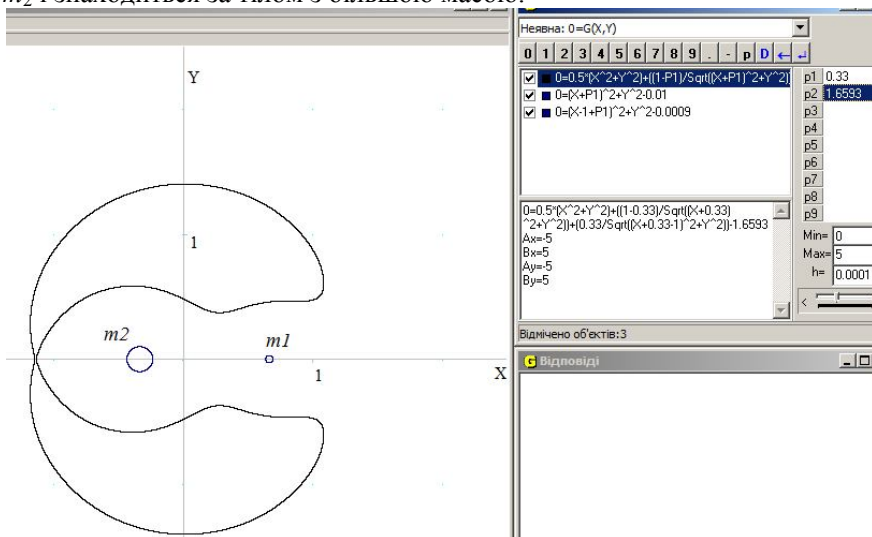


Рис. 5.

При значеннях $C < C_3$ єдина лінія Хілла знову розірветься на дві замкнені лінії (подібні до перерізу крила літака), і рух точки M можливий лише поза областями, які оточують трикутні точки лібрації L_4 та L_5 (рис. 6). Нарешті, значення C при подальшому його зменшенні досягає критичного значення C_4 , при якому лінії Хілла стягуються в точки лібрації L_4 та L_5 (рис. 7).

Ці дві точки (L_4 і L_5) розташовані в вершинах рівностороннього трикутника з основою, що збігається з відрізком, який з'єднує два масивні тіла. Якщо маса одного з цих тіл набагато менше маси іншого, точки L_4 і L_5 розташовані на орбіті менш масивного тіла, на 60° попереду і позаду нього. Ці точки називають *трикутними* або *троянськими*.

Проведений аналіз виявив особливу роль, що її відіграють точки лібрації в структурі ліній Хілла. В прямолінійних точках лібрації порушу-

ється однозначність ліній Хілла – це точки їх взаємоперетину. Трикутні точки – це граничні точки сімейства ліній Хілла. Критичні значення C можна знайти, підставляючи в (9) значення координат точок лібрації. Зведемо всі розглянуті вище об'єкти в одне зображення (рис. 8).

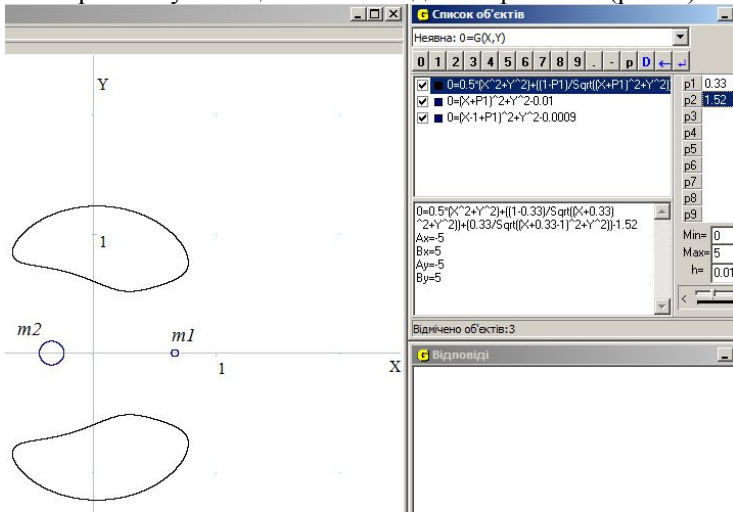


Рис. 6

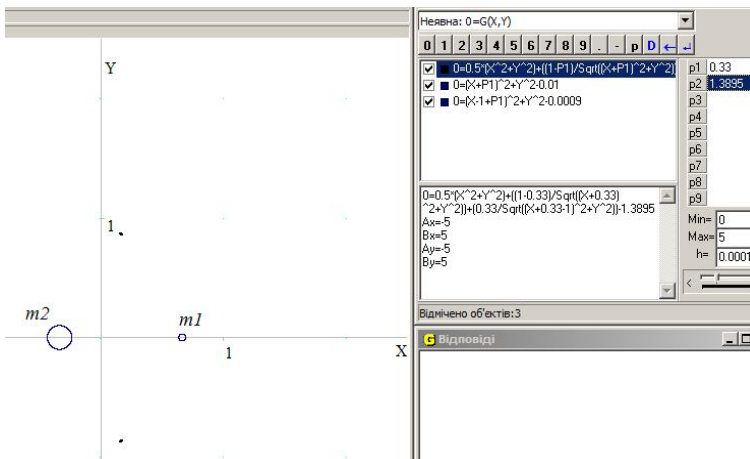


Рис. 7

Щоб визначити координати точок Лагранжа за допомогою створеної математичної моделі треба навести курсор в потрібну точку і в лівому верхньому кутку вікна «Графік» прочитати значення шуканих коор-

динат. Як показали наші дослідження, отримані таким чином результати в першому наближенні достатньо добре узгоджуються з теоретичними даними, що робить можливим використання розробленої моделі для подальших теоретичних досліджень.

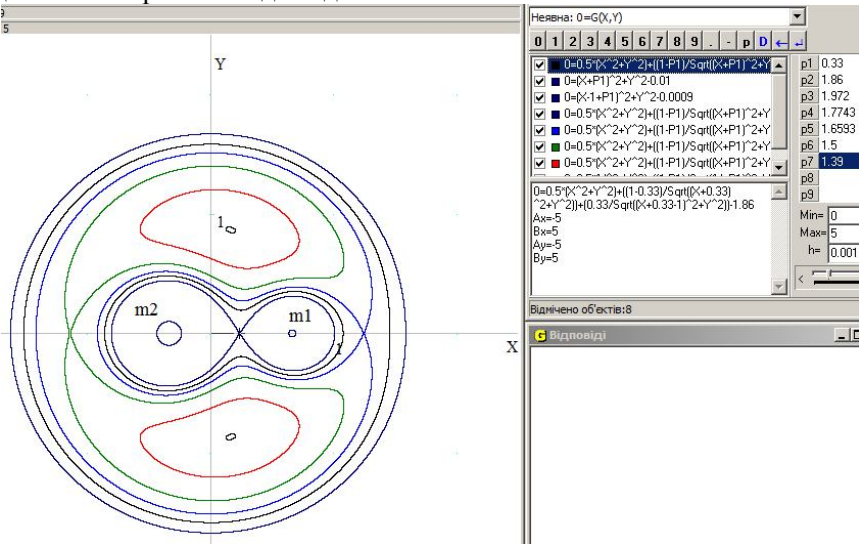


Рис. 8

Висновок. Ураховуючи, що однією з важливих вимог до моделі є забезпечення її відкритості (як у напрямі спрощення, так і ускладнення), можна стверджувати, що процес моделювання в цьому випадку спрямований на опрацювання задач відкритого типу (задач з нечітко сформульованою умовою). Постановка наступного завдання виникає в процесі створення таких моделей і може розвиватися у напрямку їх ускладнення. Саме такі задачі сприяють посиленню пізнавальної мотивації, підвищуючи суб'єктивну значущість для учнів дослідницької діяльності в навчанні. З позиції теорії розвивального навчання найбільш важлива тут саме можливість використання комп'ютерного моделювання як засобу розвитку операційних структур мислення, пов'язаних із творчими здібностями та творчою продуктивністю.

Література

1. Александров Ю. В. Небесна механіка : посібник для студентів спец. «Астрономія» / Ю. В. Александров. – Харків, 2003. – 190 с.
2. Семещук І. Л. Комп'ютер на уроках фізики : посібник для вчителів / Жалдак М. І., Набочук Ю. К., Семещук І. Л. – Костопіль : РОСА, 2005. – 228 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ТА СУСПЕНЗІЙ В СЛАБКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕПЛОВИХ ПОЛЯХ

О. А. Цемах

Україна, м. Кривий Ріг, Криворізький навчально-виховний комплекс
№35 «Багатопрофільний ліцей «Імпульс»
krizalis@e-mail.ua

Метою роботи є визначення можливості сушіння зволжених сипучих матеріалів у штучних синтетичних полях на підприємствах з видобутку корисних копалин з найменшими енерговитратами.

Об'єктом дослідження є трифазне природне середовище, що являє собою суміш частинок твердого тіла, пористий простір якого заповнений водою і повітрям (тобто система неповного водонасичення).

Гіпотеза дослідження – чи залишиться лінійною залежність сили струму від напруги у соляному середовищі при зміні напруги.

Природні представники: всі види сипучих матеріалів на складах підприємств у випадку їх природної відсіпки.

Для проведення досліджень нам потрібно визначити:

- електропровідність середовища та його складових;
- теплопровідність середовища та його складових;
- теплоємність середовища та його складових.

З цією метою ми ви використовували:

– всі види природних сипучих матеріалів на складах підприємств у випадку їх природної відсіпки (рудні склади аглофабрик, сипучий матеріал у відкритих об'ємах, склади концентрату, вугільні склади в силосах (закритих об'ємах));

– фізичні об'єкти, що мають наступні характеристики:

- тверді частинки твердого тіла розміром від 0,01;
- вода густиною від 1; рН – 5-7;
- повітря за температури -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
- вологість до 12%.

Предмет дослідження – трифазне природне середовище, пористий простір якого заповнений водою і повітрям.

Відповідно до мети та наукової гіпотези нами були поставлені такі завдання:

1. Опрацювати матеріали, пов'язані з дослідженням водних розчинів та суспензій в слабких електричних та теплових полях.
2. Провести дослідження та побудувати відповідні графіки.
3. Дослідити теоретично та експериментально явища електропровідності, теплопровідності, а також властивість середовища та його скла-

дових – теплоємність.

4. Розробити модель експериментальної установки.

Методами дослідження даного проекту є:

1. Вивчення та аналіз матеріалів, що стосуються електропровідності, теплопровідності й теплоємності середовища та його складових.

2. Встановлення характеру математичних залежностей у фізичних явищах.

3. Побудова таблиць і графіків згідно з даними аналізу.

4. Моделювання експериментальної установки.

Етап досліджень.

Для своїх досліджень ми використали водопровідну, дощову та річкову воду.

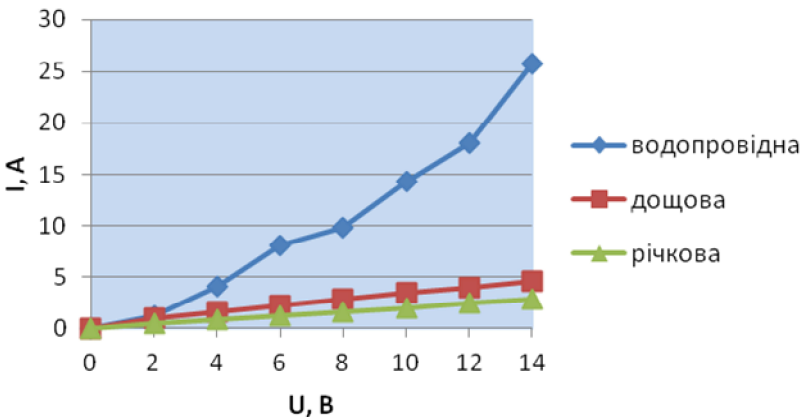
1. В результаті дослідження залежності електропровідності від роду речовини, ми встановили (графік 1):

– найменшу електропровідність має річкова вода;

– середнє значення електропровідності має водопровідна вода;

– найбільшу електропровідність має дощова вода;

– оскільки вода досліджуваних видів має певну електропровідність, то вона містить домішки.

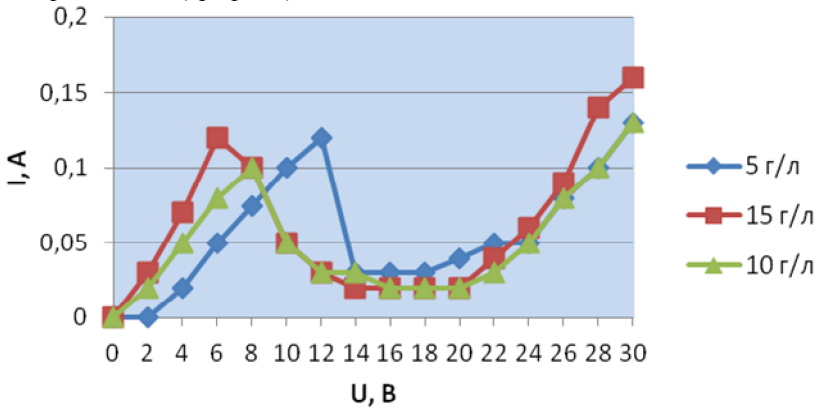


Графік 1. Залежність електропровідності від роду речовини

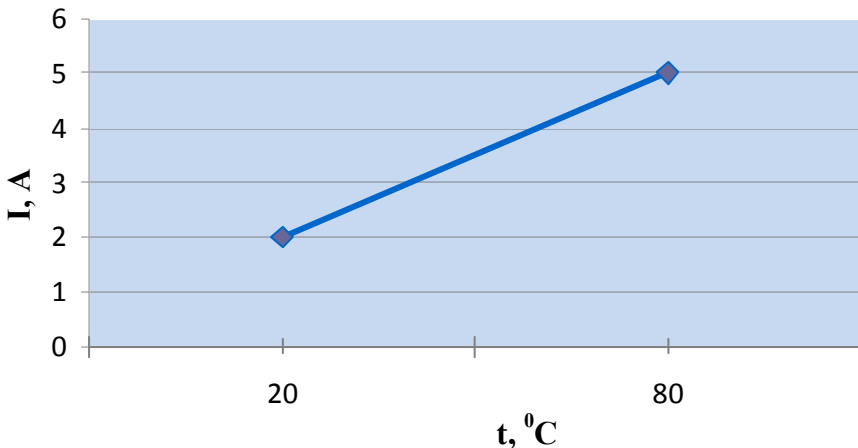
2. Досліджуючи залежність електропровідності від концентрації електроліту, ми помітили, що при підвищенні концентрації електроліту електропровідність розчину зростає (графік 2). Цікавим було те, що при концентрації електроліту (NaCl) 25 г/л електропровідність розчину різко збільшується навіть при незмінній напрузі.

3. При дослідженні залежності електропровідності від температури встановили, що при підвищенні температури електропровідність розчи-

ну зростає, що є новим феноменом, який відрізняє сипуче середовище від твердого тіла (графік 3).



Графік 2. Залежність електропровідності від концентрації електроліту



Графік 3. Залежність електропровідності від температури

II етап досліджень

Досліджуючи залежність швидкості кристалізації суміші від вмісту в ній сипучих матеріалів (вугілля розміром не більше 1 мм) ми встановили, що чим більший вміст вугілля (розміром не більше 1 мм), тим більша швидкість кристалізації і замерзання цієї суміші; змінюється як місце кристалізації суміші (краї посудини, поверхня вугілля), так і її напрямок (більш прохолодної частини від усєї маси); при незмінному вмісті води в суміші, змінюється частка сипучих матеріалів, що і дає мож-

ливість при однакових умовах відстежити вплив вугілля на швидкість кристалізації в суміші.

На місцях із видобутку будь-якої копалини зустрічається багато зайвих речовин, які, в свою чергу, утворюють суміш із корисних копалин і інших домішок. Планується використати нові речовини для проведення з ними досліджень даного типу з метою визначення зв'язку електричних і механічних характеристик середовища з видом польових структур, і напругою, що прикладається до цього середовища. Добування нових знань в цій галузі з часом дозволить розробити нові методики та технології розділення багатофазних природних систем на складові і в такий спосіб забезпечити зростання якості сировини.

Література

1. Бар'яхтар В. Г. Фізика 11 кл. : підручник для загальноосвітніх навчальних закладів. Академічний рівень. Профільний рівень / В. Г. Бар'яхтар, Ф. Я. Божинова, М. М. Кірюхін, О. О. Кірюхіна. – Харків : Ранок, 2011. – 320 с.
2. Гончаренко С. У. Фізика, 10 кл. : пробн. навч. посіб. для ліцеїв та кл. природн.-наук. профілю / Гончаренко С. У. – К. : Освіта, 1998. – 445 с.
3. Костенко Є. Ю. Фізико-хімічні процеси в напівпровідниках та діелектриках : навчальний посібник до спецкурсу [для студентів фізичного факультету] / Є. Ю. Костенко, О. С. Яновський. – Запоріжжя : ЗДУ, 2004. – 72 с.
4. Находкіна М. Г. Фізико-хімічні, структурні та емісійні властивості тонких плівок і поверхні твердого тіла : навчальний посібник / М. Г. Находкіна. – Запоріжжя : ЗДУ, 1995. – 210 с.
5. Соколович Ю. А. Фізика : довідник. Тести / Ю. А. Соколович, Г. С. Богданова, І. Ю. Ненашев. – К. : Літера. – 432 с.
6. Терлецкий Я. П. Электродинамика : учеб. пособие [для студ. физ. спец. ун-тов] / Я. П. Терлецкий, Ю. П. Рыбаков. – М. : Высшая шк., 1990. – 352 с.
7. Яновський О. С. Фізика твердого тіла в застосуванні до твердотільної електроніки : методичні вказівки до виконання розрахункової частини курсової роботи з курсу / О. С. Яновський, А. В. Соколов. – Запоріжжя : ЗДУ, 2000. – 36 с.

ДО ПИТАННЯ ПРО ПОПЕРЕЧНІСТЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ

В. І. Цоцко¹, О. І. Денисенко²

¹ Україна, м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський державний аграрний університет

² Україна, м. Дніпропетровськ, Національна металургійна академія України

adenysenko@mail.ru

При дослідженні електромагнітних хвиль, що формуються у двопровідних лініях, зокрема при вивченні стоячих електромагнітних хвиль, у студентів часто виникає запитання: як при поперечному характері електромагнітного поля і перпендикулярності вектора напруженості електричного поля та швидкості поширення хвилі узгоджується паралельність вектора густини струму, а значить того ж вектора напруженості провідникам, тобто напрямку поширення хвилі?

Вільні електромагнітні хвилі, відповідно до ідей Дж. Максвелла, формуються у непровідному середовищі в результаті того, що змінне у часі магнітне поле зумовлює появу в оточуючому просторі, незалежно від наявності провідних контурів, вихрового електричного поля (перша ідея). Присутність провідного контуру лише дозволяє виявити за допомогою індукційного струму існування у відповідних точках простору нового електричного поля. Друга (основна) ідея Максвелла полягала в тому, що не залежне від зарядів та струмів провідності змінне вихрове електричне поле повинно приводити до утворення магнітного поля, вихрового за визначенням. Розуміння струму зміщення (змінного електричного поля, точніше похідної по часу від вектора електричної індукції або напруженості електричного поля) як «струму», що «продукує» нове магнітне поле, займає центральне місце в цій ідеї і служить ключовою ланкою в замкнутій системі рівнянь електродинаміки Максвелла.

У випадку одновимірної задачі, коли ключові характеристики електричного та магнітного поля – вектор напруженості електричного поля та вектор магнітної індукції – залежать лише від однієї координати (« x »), що відповідає плоским електромагнітним хвилям, рівняння Максвелла спрощуються до системи [1, 527]:

$$\frac{\partial D}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial x}, \quad \frac{\partial B}{\partial t} = -\frac{\partial E}{\partial x}, \quad (1)$$

де D – вектор індукції електричного поля, H – вектор напруженості магнітного поля, B – вектор індукції магнітного поля та E – вектор напруженості електричного поля. Оточуюче середовище – однорідний діелек-

трик, наприклад вакуум. Характерно, що змінне в часі електричне поле перпендикулярне до напрямку « x » і воно викликає появу тільки такого магнітного поля, яке перпендикулярне до нього, а також до « x ». Аналогічно змінне з часом магнітне поле викликає появу тільки такого електричного поля, яке перпендикулярне до нього і також до « x ».

З (1), враховуючи співвідношення між D та E , а також між B та H , легко перейти до хвильового рівняння для електричного та магнітного полів, що вказує на необхідність існування електромагнітних хвиль, зокрема на закон Максвелла – відповідність швидкості електромагнітних хвиль швидкості світла в даному середовищі.

Електричне та магнітне поля у складі електромагнітної хвилі взаємно зв'язані між собою не тільки напрямками, але й величинами. Миттєві значення векторів E (D) та H (B) пропорційні одне одному, тобто синфазні у процесі поширення електромагнітного поля.

В дослідах із швидкими електричними коливаннями [2, 82] Г. Герц експериментально створив та зафіксував електромагнітні хвилі і підтвердив гіпотезу Максвелла про можливість існування електромагнітних хвиль. Пізніше Герц надав рівнянням електродинаміки сучасної симетричної форми. Як відомо [2, 163], [3], незалежно від досліджень Герца Е. Лехером було встановлено факт та закономірності поширення електричного поля уздовж двопровідної лінії. За рахунок яких процесів відбувається вказане поширення поля?

З одного боку, переміщення електричного поля може відбуватись просто за рахунок переміщення власне електричних зарядів, причому швидкість переміщення поля не тотожна швидкості руху електричних зарядів, вона, аналогічно явищу теплопровідності, обумовлюється швидкістю передачі взаємодії між частинками, а не виключно їх рухом.

Інший шлях передачі поля, на відміну від струмів провідності, пов'язаний з струмами зміщення, які починають переважати на високих частотах коливань електричного поля. При цьому основні процеси відбуваються у міжпровідному середовищі і базові хвильові ефекти практично не залежать від властивостей матеріалу провідників лінії.

Відповідно до схеми початку процесу (рис. 1а) при зростанні електричного поля \vec{E} в точці 0 двопровідної лінії виникаюче вихрове магнітне поле H відповідає правилу правого гвинта і породжує за законом електромагнітної індукції нове електричне поле E_1 , що повинне гасити зростання магнітної причини, його породжуючої, тобто H .

Струми зміщення j замикаються на провідній лінії і пунктирні ділянки замкнутих контурів вихрового електричного поля лише вказують на його циклічний характер.

Зростаюче електричне поле E_1 викликає появу нового магнітного

поля H_1 , яке аналогічно тому, як поле E_1 гасить поле \bar{E} , буде гасити поле H . Таким чином первинне поле \bar{E} і викликане ним поле H щезнуть і будуть заміщені полями E_1 і H_1 в сусідній точці 1 .

В наступні моменти часу вказані явища будуть відбуватись аналогічно зі зміщенням уздовж двопровідної лінії від точки 1 до точки 2 , відповідно з формуванням полів E_2 та H_2 і т. д. (рис. 1б). Електричні і магнітні поля, взаємно перетворюючись, будуть поширюватись уздовж двопровідної лінії, формуючи таким чином електромагнітне збурення або електромагнітний імпульс, що переміщується в напрямку лінії, тобто електромагнітну хвилю.

На рис. 1в чітко видно взаємну перпендикулярність векторів \bar{E} , \bar{H} , \bar{v} .

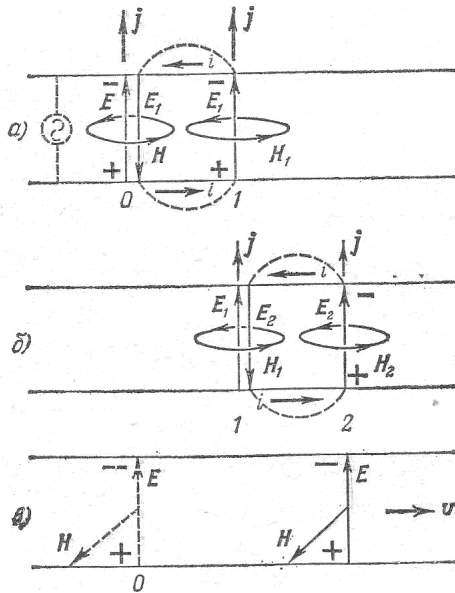


Рис. 1. Схема формування електромагнітної хвилі у двопровідній лінії.

При трактуванні явища поширення електромагнітного поля уздовж двопровідної лінії [1, 511], а також і у випадку поширення вільних електромагнітних хвиль [1, 539] прийнято вважати, що точки 0 , 1 , 2 і т. д. знаходяться безкінечно близькими одна від одної. Таким чином вектори \bar{E} і H , E_1 і H_1 і т. д. відносяться до одних точок простору відповідно.

Переходи між вказаними точками зумовлюють процес поширення електромагнітної хвилі. І хоча початок перетворення полів відбувається у вихідних точках 0 , 1 , 2 і т. д. з часовим запізненням, але, згідно (1),

дане перетворення зміщується по координаті. Тобто формується часово-просторовий причинно-наслідковий зв'язок – електромагнітна хвиля.

Повертаючись до системи Лехера, можна відмітити наступне. Якщо у вільних плоских електромагнітних хвилях замикання вихрових контурів вектора напруженості електричного поля відбувається у віддаленому просторі, де енергетичний імпульс наближається до нуля і поширення вторинних хвиль у перпендикулярному до силових ліній \vec{E} напрямку не відбувається (вони на кілька порядків енергетично поступаються первинним хвилям), то в системі Лехера замикання вихрових контурів вектора напруженості електричного поля відбувається на елементах самої двопровідної лінії, поблизу енергетичного ядра фронту хвилі. Тобто електромагнітна хвиля, генерована уздовж двопровідної лінії, складається з «поперечного» компоненту, локалізованого у просторі діелектрика між дротами лінії, та «поздовжнього» компоненту, зумовленого коливанням електричних зарядів у провідниках лінії.

Дані процеси відповідають рівнянням Максвелла в загальній формі, але поширення електромагнітного збурення у двопровідній лінії мають вже не чисто «хвильовий», а комплексний, синтетичний характер, де узгоджуються струми зміщення і струми провідності.

Слід відзначити, що компонент швидкості електронів у провідній лінії, відповідний струму провідності, не перевищує долей мм за секунду, а швидкість поширення електричного поля (електромагнітної хвилі) визначається швидкістю світла – швидкістю передачі матеріальної взаємодії.

Таким чином, у складі електромагнітних хвиль будь-якої форми обов'язково буде присутній повздовжній компонент напруженості електричного поля внаслідок його вихрової природи, але енергетичний вплив його на хвильовий процес є другорядним. Цей компонент або достатньо віддалений, або формує значно менші потоки у порівнянні з поперечними компонентами хвилі. Розрив замкнутих силових ліній вихрового електричного поля у складі електромагнітних хвиль відбувається лише поблизу самих електричних зарядів

Література

1. Калашников С. Г. Электричество / С. Г. Калашников. – М. : Наука, 1985. – 576 с.
2. Храмов Ю. А. Физики : биографический справочник / Ю. А. Храмов. – М. : Наука, 1983. – 400 с.
3. Сивухин Д. В. Общий курс физики / Д. В. Сивухин. – Изд. 4-е, стереотипное. – М. : Физматлит ; Изд-во МФТИ, 2004. – Т. III. Электричество. – 656 с.

РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

С. П. Юдин

Украина, г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара
yudin@dlit.dp.ua

Переменный ток представляет собой вынужденные электрические колебания в электрической цепи. Любая электрическая цепь обладает емкостью, индуктивностью и активным сопротивлением. Уравнение, описывающее вынужденные электрические колебания, имеет вид [1]:

$$IR = -\frac{q}{C} - L \frac{dI}{dt} + U_0 \cos \gamma t.$$

Здесь R – активное сопротивление, C – емкость, L – индуктивность, U_0 – амплитуда, γ – частота внешнего переменного напряжения.

Производя преобразования, предоставим дифференциальное уравнение в виде:

$$\ddot{q} + 2\beta\dot{q} + \omega_0^2 q = \frac{U_0}{L} \cos \gamma t,$$

где $2\beta = \frac{R}{L}$, $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$.

Решение этого уравнения, описывающее вынужденные колебания, хорошо известно [2]:

$$q(t) = \frac{U_0}{L} a(\gamma) \cos(\gamma t - \varphi), \quad (1)$$

$$a(\gamma) = \frac{1}{\sqrt{(\omega_0^2 - \gamma^2)^2 + 4\gamma^2\beta^2}}, \quad (2)$$

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{2\gamma\beta}{\omega_0^2 - \gamma^2}. \quad (3)$$

Напряжение на конденсаторе

$$U_c = \frac{q(t)}{C} = \frac{U_0}{LC} a(\gamma) \cos(\gamma t - \varphi) \quad (4)$$

является периодической функцией времени. Амплитуда напряжения U_c зависит от частоты внешнего напряжения γ :

$$U_c^{(0)}(\gamma) = \frac{v_0}{Lc} a(\gamma). \quad (5)$$

Функция $U_c^{(0)}(\gamma)$ имеет в интервале $0 \leq \gamma < \infty$ одну экстремальную точку:

$$\frac{dU_c^{(0)}}{d\gamma} = 0, \gamma_c = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}. \quad (6)$$

На границах области определения:

$$U_c^{(0)}(\gamma = 0) = U_0, U_c^{(0)}(\gamma \gg \omega_0) = \frac{U_0 \omega_0^2}{\gamma^2} \ll U_0.$$

Поэтому экстремальная точка γ_c соответствует максимуму функции $U_c^{(0)}(\gamma)$.

Максимальное значение амплитуды напряжения

$$U_c^0(\max) = \frac{U_0 \omega_0^2}{2\beta \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}. \quad (7)$$

Напряжение на резисторе

$$U_R = R\dot{q} = \frac{U_0}{L} R\gamma a(\gamma) \cos\left(\gamma t - \varphi + \frac{\pi}{2}\right). \quad (8)$$

Амплитуда напряжения $U_R^{(0)} = \frac{U_0 R}{L} \gamma a(\gamma)$, как функция γ , имеет одну экстремальную точку

$$\frac{dU_R^{(0)}(\gamma)}{d\gamma} = 0, \gamma_R = \omega_0. \quad (9)$$

Т.к. при $\gamma=0$, $U_R^{(0)} = 0$ и при $\gamma \gg \omega_0$, $U_R^{(0)} = \frac{U_0 CR \omega_0^2}{\gamma}$, то в экстремальной точке $\gamma_R = \omega_0$ амплитуда напряжения на резисторе принимает максимальное значение

$$U_R^0(\max) = U_0 \quad (10)$$

Напряжение на индуктивности определяется выражением:

$$U_L = L\ddot{q} = \gamma^2 U_0 a(\gamma) \cos(\gamma t - \varphi + \pi). \quad (11)$$

Амплитуда напряжения $U_L^{(0)} = U_0 \gamma^2 a(\gamma)$ имеет две экстремальные точки $\gamma_1 = 0$ и $\gamma_2 = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}$, которые являются корнями уравнения

$$\frac{dU_L^{(0)}}{d\gamma} = 0.$$

В точке $\gamma_1 = 0$ функция $U_L^{(0)}(\gamma)$ имеет минимум, вторая экстремальная точка $\gamma_2 = \gamma_L$ соответствует максимуму функции $U_L^{(0)}$.

Максимальное значение амплитуды напряжения на индуктивности можно представить в следующем виде:

$$U_L^{(0)}(\max) = U_L^{(0)}(\gamma_L) = \frac{U_0 \omega_0^2}{2\beta \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}. \quad (12)$$

Проведенный анализ показывает, что в цепи переменного тока существует три резонансные частоты:

$$\gamma_C = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} < \gamma_R = \omega_0 < \gamma_L = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}},$$

при которых амплитуда напряжения на емкости, активном сопротивлении и на индуктивности имеет максимальное значение. Резонансное значение напряжения на емкости (7) совпадает с резонансным напряжением на индуктивности (12).

Исследуем резонансные напряжения $U_C^{(0)}(\max) = U_L^{(0)}(\max)$ в зависимости от параметров цепи R , L и C . Подставим значения ω_0 и β в соотношение (7):

$$U_C^{(0)}(\max) = U_0 \frac{1}{\sqrt{\frac{R^2 C}{L} \left(1 - \frac{R^2 C}{4L}\right)}}. \quad (13)$$

Обозначим $\frac{R^2 C}{L} = x$, $\frac{U_C^{(0)}(\max)}{U_0} = f(x)$.

Функция $f(x) = \frac{1}{\sqrt{x \left(1 - \frac{x}{4}\right)}}$ имеет минимум в точке $x=2$, $f(2)=1$

(рис. 1).

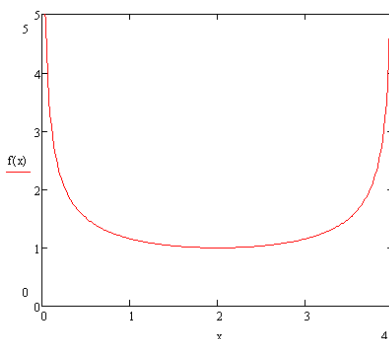


Рис. 1

Наименьшее значение $U_C^{(0)}(\max) = U_0$.

Для $x \ll 1$ ($R^2 C \ll L$) амплитуда резонансного напряжения на емкости больше амплитуды внешнего напряжения: $U_C^{(0)}(\max) > U_0$. При стремлении $x \rightarrow 4$ ($x < 4$) амплитуда резонансного напряжения также больше амплитуды внешнего напряжения U_0 . Аналогичную зависимость от x имеет амплитуда резонансного напряжения на индуктивности $U_L^{(0)}(\max)$.

При резонансной частоте $\gamma_R = \omega_0$ выражение (3) дает $\varphi = \frac{\pi}{2}$ и разность фаз внешнего напряжения и напряжения на резисторе (8) равна нулю.

Для этой частоты напряжение на емкости отстает по фазе от внешнего напряжения на $\frac{\pi}{2}$, а напряжение на индуктивности опережает внешнее напряжение на $\frac{\pi}{2}$. Амплитуда напряжения $U_C^{(0)}(\omega_0)$ равна по величине амплитуде напряжения $U_L^{(0)}(\omega_0)$.

При резонансных частотах $\gamma_C^2 = \omega_0^2 - 2\beta^2$ и $\gamma_L^2 = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}$ амплитуда напряжения на емкости $U_C^{(0)}$ и на индуктивности $U_L^{(0)}$ может значительно превышать напряжение на активном сопротивлении. Это явление необходимо учитывать при расчете изоляции электрических цепей, содержащих емкости и индуктивности.

Литература

1. Савельев И. В. Курс общей физики / И. В. Савельев. – Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – М. : Наука, 1988. – 496 с.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики / Д. В. Сивухин. – Т. 3. Электричество. – М. : Наука, 1986. – 688 с.

Наші автори

Атаманчук Петро Сергійович, д. пед. н., професор, завідувач кафедри методики викладання фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (*теорія і методика навчання дисциплін природознавчої та технологічної освітніх галузей, дидактика фізики, впровадження компетентісно світоглядного підходу в навчанні, управління навчально-пізнавальною діяльністю учнів (студентів)*)

Баланенко Лариса Петрівна, учитель фізики Криворізького навчально-виховного комплексу №35 «Багатопрофільний ліцей «Імпульс» (*дослідницька робота з обдарованими дітьми, впровадження інформаційних технологій в навчальний процес*)

Баракін Владілен Васильович, доцент, доцент Севастопольського національний технічного університету (*теорія та методика навчання фізики, біофізика, тонка кристалічна структура*)

Безуглий Анатолій Васильович, к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри фізики Харківської національної академії міського господарства (*дифракція електромагнітних хвиль*)

Білоножко Денис Борисович, студент 5 курсу Гомельського державного університету ім. Ф. Скорини (*сучасні освітні технології*)

Бірюкова Тетяна Вікторівна, к. т. н., доцент, доцент Донбаського державного технічного університету (*теорія та методика викладання фізики*)

Бузько Вікторія Леонідівна, учитель фізики Спеціалізованої загальноосвітньої школи I-III ступенів №6 Кіровоградської міської ради Кіровоградської області (*методика викладання фізики*)

Бузян Олеся Сергіївна, старший лаборант кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (*проблеми дидактики фізики*)

Буслаєва Олена Василівна, асистент Донбаського державного технічного університету (*теорія та методика викладання фізики*)

Величко Степан Петрович, д. пед. н., професор, професор Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (*проблеми дидактики фізики та підготовки високопрофесійних фахівців освітянської галузі*)

Воронкін Олексій Сергійович, старший викладач Луганського державного інституту культури і мистецтв (*аналітичне та наукове приладобудування, технічна електроніка, акустика; теорія та методика навчання фізики; методологія та філософія дистанційного навчання*)

Гаврилюк Євген Віталійович, студент Криворізького національного університету

Галатюк Михайло Юрійович, аспірант кафедри загальної і соціальної педагогіки та акмеології Рівненського державного гуманітарного університету (*дидактика, теорія і практика впровадження компетентнісного підходу при вивченні природничих дисциплін, теорія та методика навчання фізики*)

Галатюк Юрій Михайлович, к. пед. н., професор, професор кафедри методики викладання фізики та хімії Рівненського державного гуманітарного університету (*теорія і методика навчання фізики*)

Григорович Андрій Геннадійович, старший викладач кафедри інформаційних систем і технологій Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка (*інформатизація освіти, методика профільної освіти*)

Грязнов Юрій Павлович, здобувач кафедри дидактики природничо-наукових дисциплін та інформаційних технологій у навчанні Бердянського державного педагогічного університету (*теорія та методика навчання фізики: інноваційні технології навчання*)

Денисенко Олександр Іванович, к. т. н., доцент, доцент кафедри фізики Національної металургійної академії України (*інформаційні технології в навчанні фундаментальних дисциплін; програмно-апаратні комплекси для багатоканальних діагностик та управлiнь; лазерна діагностика плазми*)

Дубинянський Юрій Михайлович, к. пед. н., доцент, доцент кафедри загальної фізики, начальник відділу технічних засобів навчання Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського (*освіта, методика викладання фізики, інформаційні технології*)

Єлізаров Михайло Олександрович, к. ф.-м. н., доцент кафедри фізики Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського (*фізхімія надмалих концентрацій, біоенергетика*)

Єлізаров Олександр Іванович, д. ф.-м. н., професор, завідувач кафедри фізики Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського (*фізика напівпровідників, фізхімія надмалих концентрацій, біоенергетика*)

Єчкало Юлія Володимирівна, старший викладач кафедри фундаментальних дисциплін Криворізького національного університету (*теорія та методика навчання фізики, комп'ютерне моделювання фізичних процесів*)

Желонкіна Тамара Петрівна, старший викладач кафедри загальної фізики Гомельського державного університету ім. Ф.Скорини (*сучасні освітні технології*)

Задорожній Віталій Миколайович, учитель фізики Криворізького природничо-наукового ліцею (*комп'ютерна підтримка курсу фізики*)

Заяць Ольга Василівна, к. пед. н., доцент кафедри соціальної педагогіки Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка (*освітній менеджмент, інноваційні педагогічні технології, методика профільної освіти*)

Здешиц Валерій Максимович, д. т. н., професор, професор кафедри фізики та методики її навчання Криворізького національного університету (*методика навчання фізики, розвиток теорії та техніки вимірювань параметрів геомеханічних і техногенних процесів в гірничодобувному регіоні засобами волоконно-оптичних та цифрових технологій*)

Караван Юрій Володимирович, к. ф.-м. н., доцент, завідувач кафедри природничо-математичних дисциплін Львівського інституту економіки і туризму (*фізика, прикладна екологія*)

Козлова Ніна Леонідівна, к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри теоретичної фізики Криворізького національного університету (*педагогіка вищої школи; методика викладання фізики англійською мовою*)

Коновал Олександр Андрійович, д. пед. н., професор, завідувач кафедри фізики та методики її навчання Криворізького національного університету (*дидактика фізики вищої та середньої шкіл*)

Коптева Олена Михайлівна, к. ф.-м. н., доцент кафедри теоретичної фізики Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара (*теорія гравітації, космологія*)

Коркіна Марина Петрівна, д. ф.-м. н., професор, професор кафедри теоретичної фізики Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара (*теоретична фізика*)

Кравченко Оксана Богданівна, учитель фізики, математики та комп'ютерних технологій, заступник директора Вищої школи ДеСото (США) (*інноваційні технології навчання*)

Краснобокий Юрій Миколайович, к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (*теорія навчання фізики*)

Крот Юлій Євгенович, к. т. н., професор, професор кафедри фізики Харківського національного університету будівництва та архітектури (*історія фізики*)

Кузьменко Ольга Степанівна, викладач кафедри фізико-математичних наук Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету (*розвиток системи навчального експерименту з фізики*)

Летяго Володимир Олександрович, к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри експериментальної фізики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (*фізика твердого тіла, методика викладання фізики у середній і вищій школах*)

Лукашевич Світлана Анатоліївна, асистент кафедри теоретичної фізики Гомельського державного університету ім. Ф. Скорини (*сучасні освітні технології*)

Луценко Вадим Юрійович, к. т. н., доцент кафедри фізики Запорізької державної інженерної академії (*лазерна фізика*)

Маріна Марія Сергіївна, аспірантка кафедри фізики Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського

Мартинюк Олександр Семенович, к. пед. н., доцент, доцент кафедри загальної фізики та методики викладання фізики, докторант Волинського національного університету імені Лесі Українки (*інформаційні технології, мікроелектроніка, проектування та виготовлення нового обладнання для навчального фізичного експерименту*)

Матвеева Людмила Матвіївна, к. пед. н., доцент, доцент кафедри прикладної фізики Башкирського державного університету (*методика організації фізичного експерименту у ВНЗ, комп'ютерне моделювання фізичних процесів*)

Мерзликін Олександр Володимирович, студент Криворізького національного університету (*дидактика фізики вищої та середньої шкіл, методи моделювання в фізиці.*)

Микитіна Євгенія Анріївна, студентка Криворізького національного університету

Мороз Іван Олексійович, к. т. н., доцент, професор кафедри експериментальної і теоретичної фізики Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка (*написання навчальних посібників з фізики*)

Мислінчук Володимир Олександрович, к. пед. н., доцент, доцент кафедри методики викладання фізики та хімії Рівненського державного гуманітарного університету (*формування дослідницьких умінь учнів на уроках астрономії*)

Мосунов Андрій Олексійович, інженер другої категорії, молодший науковий співробітник кафедри фізики Севастопольського національного технічного університету (*теорія і методика навчання фізики, молекулярна і загальна біофізика, біоломінесценція*)

Ніжегородцев Владислав Олександрович, старший лаборант кафедри експериментальної і теоретичної фізики та астрономії Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова (*формування методичних компетентностей майбутніх вчителів фізики*)

Носіков Сергій Євдокимович, методист Муніципального бюджетного навчального закладу додаткової освіти дітей «Станція юних техніків» Ленінського району міського округу міста Уфа (*роль історії науки в її викладанні, комп'ютерне моделювання фізичних процесів*)

Оселедчик Юрій Семенович, д. ф.-м. н., професор, завідувач кафедри фізики Запорізької державної інженерної академії (*лазерна фізика*)

Петченко Олександр Матвійович, д. ф.-м. н., професор, завідувач кафедри фізики Харківської національної академії міського господарства (*фізика твердого тіла*)

Подопрігора Сергій Іванович, студент Криворізького національного університету

Подрухін Олександр Олександрович, молодший науковий співробітник Інституту фізики гірничих процесів НАН України (*ІТ, геомеханіка, гірнича справа*)

Прімас Антон Юрійович, учень 10-го класу Криворізького природничо-наукового ліцею (*комп'ютерне моделювання фізичних процесів*)

Ржепецький Василь Петрович, к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри фізики Криворізького національного університету (*методика викладання фізики*)

Сальник Ірина Володимирівна, к. пед. н., доцент, доцент кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (*теорія та методика навчання фізики, віртуальне та реальне у навчанні фізики*)

Семешук Ігор Лаврентійович, к. пед. н., доцент, доцент кафедри методики викладання фізики та хімії Рівненського державного гуманітарного університету (*комп'ютерне математичне моделювання фізичних процесів як засіб розвитку творчих здібностей учнів сучасної школи*)

Сергієнко Олександр Іванович, к. т. н., доцент, доцент кафедри геотехнологій і охорони праці Красноармійського індустріального інституту Донецького національного технічного університету (*фізика, ІТ, геомеханіка, дидактика вищої школи*)

Сисоєв Анатолій Сергійович, к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри фізики Харківської національної академії міського господарства (*дифракція електромагнітних хвиль*)

Слюсаренко Микола Анатолійович, асистент кафедри фізики та методики її навчання Криворізького національного університету (*задачний підхід до навчання природничих дисциплін у вищій педагогічній школі*)

Стадніченко Світлана Миколаївна, к. пед. н., доцент кафедри медичної біофізики та інформатики Дніпропетровської державної медичної академії (*методика викладання фізики у медичних ВНЗ*)

Стріха Дмитро Євгенович, студент Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара (*теоретична фізика*)

Сусь Богдан Арсентійович, д. пед. н., професор, професор кафедри загальної і теоретичної фізики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Тадеуш Ольга Харлампіївна, к. ф.-м. н., доцент, доцент Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського (*дослідження електронної будови ортованадатів*)

Тишук Віталій Іванович, к. пед. н., професор, завідувач кафедри методики викладання фізики та хімії Рівненського державного гуманітарного університету (*культура експерименту майбутніх вчителів фізики*)

Ткаченко Ігор Анатолійович, к. пед. н., доцент, доцент кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (*методика фізики*)

Торчук Михайло Васильович, асистент кафедри загально-технічних дисциплін і фізики Подільського державного аграрно-технічного університету (*теорія і методика професійно спрямованого навчання фізики*)

Точиліна Тетяна Миколаївна, к. пед. н., доцент, доцент кафедри фізики Запорізької державної інженерної академії (*підвищення ефективності навчання фізиці у вищому технічному навчальному закладі на основі інноваційних технологій навчання*)

Трифоновна Олена Михайлівна, к. пед. н., старший викладач Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (*викладання фізики в загальноосвітній та вищій школі*)

Хлопик Роман Миколайович, викладач фізики Дрогобицького педагогічного ліцею (*методика викладання фізики*)

Хмиз Кирило Костянтинівич, студент Криворізького національного університету

Цемах Олександр Андрійович, учень 11 класу Криворізького навчально-виховного комплексу №35 «Багатопрофільний ліцей «Імпульс» (*наукова діяльність, комп'ютерні технології, точні науки*)

Цоцко Віталій Іванович, старший викладач кафедри фізики і матеріалознавства Дніпропетровського державного аграрного університету (*металлофізика, біофізика*)

Шостка Володимир Іванович, к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри загальної фізики Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського (*освіта, Болонський процес, оптика, лазерна фізика*)

Юдін Сергій Петрович, к. ф.-м. н., доцент, професор кафедри теоретичної фізики Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара (*фізика твердого тіла*)

Яременко Людмила Олексіївна, старший викладач кафедри фізики Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка (*методика викладання фізики*)

Яременко Олексій Васильович, к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри фізики Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка (*методика викладання фізики у ВНЗ*)

Зміст

<i>П. С. Атаманчук, М. В. Торчук.</i> Лабораторні роботи з фізики як важливий засіб формування професійних компетентностей студентів аграрно-технічних закладів	3
<i>Л. П. Баланенко.</i> Розвиток експериментальних здібностей учнів на уроках фізики	9
<i>В. В. Баракин, А. А. Мосунов.</i> Натурно-виртуальний практикум и информационные технологии – основа современной методики обучения физике студентов технических специальностей	14
<i>А. В. Безуглий, О. М. Петченко, А. С. Сисоев.</i> Комп'ютерне моделювання вимушених коливань лінійного та нелінійного осцилятора	24
<i>Т. В. Бирюкова, Е. В. Буслаева.</i> Использование компьютерного тестирования в образовательном процессе обучения физике	29
<i>О. С. Бузян, О. М. Трифонова.</i> Інтерактивне навчання фізики в загальноосвітній школі	33
<i>В. Л. Бузько, С. П. Величко.</i> Розвиток пізнавального інтересу учнів при вивченні теми «Електричний струм у різних середовищах» у 9-му класі	37
<i>О. С. Воронкін.</i> Досвід проведення відкритого дистанційного курсу «Вступ до фізики звуку»	44
<i>Є. В. Гаврилюк, С. І. Подопрізгора, К. К. Хмиз.</i> Використання електромагнітного прискорювача під час проведення демонстрацій та лабораторних робіт з фізики	54
<i>М. Ю. Галатюк.</i> Практична та комунікативна компетенції навчально-пізнавальної діяльності учнів у контексті вивчення природничих предметів	62
<i>Ю. М. Галатюк.</i> Технологія фахової підготовки учителя фізики на основі проектування навчально-пізнавальної діяльності	70
<i>Ю. П. Грязнов.</i> Основи методичної системи розвитку пізнавальної активності в процесі модульного навчання фізики	77
<i>О. І. Денисенко, В. І. Цоцко.</i> Лазерна тіньова діагностика дисперсної фази високоенергетичного двофазного струменя	83
<i>Ю. М. Дубинянский, В. И. Шостка.</i> Некоторые закономерности развития физической науки и проблемы подготовки специалистов в современных условиях функционирования высших учебных заведений ..	92
<i>О. І. Єлізаров, М. О. Єлізаров.</i> Студентські лекційні демонстрації з фізики як спосіб освіти і наукової творчості студентів	97
<i>Ю. В. Єчкало.</i> Методичні основи створення електронного додатку до навчального посібника з фізики	104
<i>В. М. Задорожній, А. Ю. Прімас.</i> Електронний зошит для лабораторних робіт з фізики	110

<i>О. В. Заяць, А. Г. Григорович, Р. М. Хлопик.</i> Використання інформаційно-комунікаційних технологій в позаурочній роботі з фізики.....	116
<i>В. М. Здециц, В. П. Ржепецький.</i> Мініатюрна установка для проведення фронтальної лабораторної роботи з фізики «Вивчення процесів зарядки і розрядки конденсатора».....	124
<i>Ю. В. Караван.</i> Екологічна освіта та виховання в процесі вивчення фізики.....	136
<i>Н. Л. Козлова.</i> Викладення навчального матеріалу з курсу фізики на прикладі інтерференції з урахуванням міжпредметних зв'язків і формування мотивації.....	143
<i>М. П. Коркина, Е. М. Коптева, Д. Е. Стриха.</i> Применение метода массовой функции при изложении курсов космологии и теории гравитации	150
<i>Ю. С. Крот.</i> Фізичний калейдоскоп	162
<i>О. С. Кузьменко.</i> Теоретико-методичні особливості використання сучасних комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання у процесі вивчення фізики	178
<i>В. А. Летяго.</i> О некоторых задачах электростатики в общем курсе физики.....	184
<i>С. А. Лукашевич, Т. П. Желонкина, Д. Б. Белоножко.</i> Профессиональная компетентность преподавателей физических специальностей в ИКТ	193
<i>О. С. Мартинюк.</i> Прикладні пакети імітаційного моделювання для навчального процесу та наукових досліджень.....	196
<i>Л. М. Матвеева, С. Е. Носиков.</i> Теория упругости и ее практические применения.....	203
<i>О. В. Мерзликін, О. А. Коновал.</i> Порівняльний аналіз результатів застосування формул Ампера і Грассмана	207
<i>І. О. Мороз.</i> Перший закон термодинаміки у курсі фізики ВНЗ.....	212
<i>І. О. Мороз, О. В. Яременко, Л. О. Яременко.</i> Статистичне обґрунтування другого закону термодинаміки у курсі загальної фізики	217
<i>В. О. Ніжегородцев.</i> Використання Інтернет-технологій під час навчальної діяльності студентів у лабораторних роботах з астрофізики.....	222
<i>Ю. С. Оселедчик, В. Ю. Луценко, Т. Н. Точилина.</i> Особенности перехода от динамического к стохастическому описанию в статистической физике	228
<i>І. В. Сальник.</i> Шляхи формування професійної компетентності майбутнього вчителя фізики	235
<i>А. И. Сергиенко, А. А. Подрухин.</i> Реализация моделирования распространения геомеханических зон при изучении спецкурса «Дегазация горного массива»	242

<i>М. А. Слюсаренко, Є. А. Микитіна.</i> Використання евристичних прийомів при розв'язуванні навчальних задач в шкільному курсі фізики	246
<i>С. М. Стадніченко.</i> Особливості навчання іноземних студентів медичної біофізики	252
<i>Б. А. Сусь, О. Б. Кравченко.</i> Організація і стимулювання самостійної роботи студентів над теоретичним матеріалом з фізики в умовах модульної системи навчання	259
<i>О. Х. Тадеуш, М. С. Маріна.</i> Активізація навчально-пізнавальної діяльності майбутніх учителів фізики засобами мультимедіа	265
<i>І. А. Ткаченко, Ю. М. Краснобокий.</i> Підготовка вчителя астрономії до розв'язування задач з астрофізичним змістом	272
<i>Т. М. Точиліна.</i> Інноваційний розвиток фізичної освіти в умовах ефективного впровадження комп'ютерних технологій	278
<i>В. І. Тищук, І. Л. Семещук, В. О. Мислінчук.</i> Використання комп'ютерних математичних моделей для дослідження особливостей руху небесних тіл в обмеженій задачі трьох тіл	283
<i>О. А. Цемах.</i> Дослідження водних розчинів та суспензій в слабких електричних та теплових полях	291
<i>В. І. Цоцко, О. І. Денисенко.</i> До питання про поперечність електромагнітних хвиль	295
<i>С. П. Юдин.</i> Резонансные явления в цепи переменного тока	299
Наші автори	303

Наукове видання

**Теорія та методика навчання
математики, фізики, інформатики**

Випуск X

В 3-х томах

Том 2

Підп. до друку 18.03.12
Папір офсетний №1
Ум. друк. арк. 14,9

Формат 80×84 1/16
Зам. №2-1803
Наклад 300 прим.

Жовтнева друкарня
50014, м. Кривий Ріг, вул. Електрична, 5
Тел. (0564) 407-29-02

E-mail: semerikov@gmail.com