

Міністерство освіти та науки України  
Національна металургійна академія України

Теорія та методика  
навчання математики,  
фізики, інформатики

*Збірник наукових праць*

Том 2

Кривий Ріг  
Видавничий відділ НацМетАУ  
2002

**Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики:** Збірник наукових праць: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НацМетАУ, 2001. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – 384 с.

Збірник містить статті з різних аспектів дидактики фізики і проблем її викладання в вузі та школі. Значну увагу приділено проблемам розвитку методичних систем навчання фізики та застосування засобів нових інформаційних технологій навчання фізики у шкільній та вузівській практиці.

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

Редакційна колегія:

*В.М. Соловійов*, доктор фізико-математичних наук, професор

*Є.Я. Глушко*, доктор фізико-математичних наук, професор

*О.І. Олейніков*, доктор фізико-математичних наук, професор

*О.В. Сергеев*, доктор педагогічних наук, професор

*В.І. Клочко*, доктор педагогічних наук, професор

*О.Д. Учитель*, доктор технічних наук, професор

*Я.В. Шрамко*, доктор філософських наук, професор

*І.О. Теплицький*, відповідальний редактор

*С.О. Семеріков*, відповідальний секретар

Рецензенти:

*Г.Ю. Маклаков* – д-р техн. наук, професор кафедри кібернетики та обчислювальної техніки Севастопольського національного технічного університету, науковий керівник лабораторії біокібернетики, дійсний член Міжнародної академії біоенерготехнологій

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

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ДИФРАКЦИИ МИКРОЧАСТИЦ

С.С. Авотин, Ю.Е. Прохоряттов

г. Харьков, Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники

При изучении квантовой механики большую роль играет мысленный эксперимент по дифракции электронов на щели и двух щелях. В этом эксперименте электроны ведут себя как волны и создают интерференционные эффекты аналогично свету. Экспериментально наблюдать дифракцию электронов на щели нельзя, так как ширина щели должна быть порядка  $10^{-9}$  м, поэтому целесообразно прибегнуть к компьютерному моделированию явления.

В работе созданы методика и программное обеспечение моделирования явления дифракции микрочастиц на щели и двух щелях. Моноэнергетичные частицы после прохождения узкой прямоугольной щели рассеиваются на разные углы, образуя интерференционную картину. Распределение микрочастиц на экране описывается формулой:

$$N = N_0 \frac{\sin^2(\pi b m v \sin(\varphi / h))}{(\pi b m v \sin(\varphi / h))^2},$$

где  $N_0$  - исходное количество электронов,  $b$  – ширина щели,  $\varphi$  - угол рассеяния,  $m$  – масса частицы,  $v$  – скорость частицы,  $h$  – постоянная Планка. При прохождении электронного пучка через две щели:

$$N = N_0 \frac{\sin^2(\pi b m v \sin(\varphi / h))}{(\pi b m v \sin(\varphi / h))^2} 4 \cos(\pi d m v \sin(\varphi / h)),$$

где  $d$  – расстояние между серединами щелей. Картина дифракции от двух щелей имеет несколько максимумов разной высоты, разделённых минимумами. Картина не получается простым наложением картин дифракции от каждой щели – на движение электронов оказывают влияние обе щели.

Компьютерная модель оформлена в виде лабораторной работы. В соответствии с вариантом устанавливается ширина щели, расстояние до экрана, скорость микрочастиц. По полученным

в работе данным можно вычислить ширину центрального максимума, угол дифракции, получить картину поочерёдно от каждой щели и от двух щелей (рис. 1).

Программное обеспечение разработано в среде программирования Delphi 5.0 и ориентировано на работу под операционные системы Windows 9x. Основой программы является функция распределения вероятности, определяющая координаты электрона после прохождения щели. Интерфейс программы выполнен в едином стиле, является интуитивно понятным и удобным в применении.

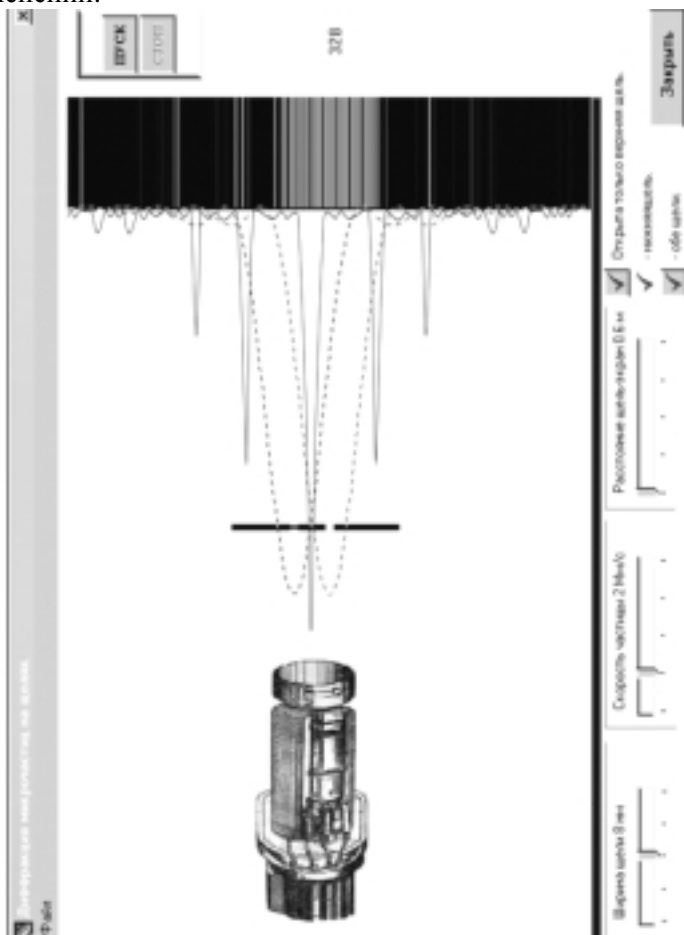


Рис. 1.

## ТЕРМІНОЛОГІЧНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА З МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ ТА ТЕРМОДИНАМІКИ

Н.І. Афанасьєва<sup>1</sup>, І.П. Кенєва<sup>2</sup>, Ю.П. Мінаєв<sup>1</sup>

<sup>1</sup> м. Запоріжжя, Запорізький державний університет

<sup>2</sup> м. Запоріжжя, Ліцей фізико-математичного профілю № 105 при  
Запорізькому державному університеті

Володіння термінологією є невід'ємною частиною фізичної освіти. Без відповідних знань школярі та студенти не тільки не в змозі розв'язувати задачі та науково пояснювати природні явища, а й не розуміють текстів підручника та лекцій викладача.

Контроль за рівнем засвоєння термінологічного апарату в багатьох випадках або зовсім не проводиться, або проводиться у формі фізичних диктантів на відтворення означень. Причому перевірка знань термінів проходить на початковому етапі засвоєння нової теми. Наступні контролюючі завдання передбачають, що термінологія вже засвоєна і треба тільки перевіряти знання законів, теорій, методів розв'язування задач тощо.

Ми хотіли б звернути увагу на той факт, що вивчення фактичного матеріалу з фізики може йти двома принципово різними шляхами. Ці шляхи пов'язані з тим, як проходять процеси запам'ятовування, збереження і відтворення інформації. Психологи виділяють біологічну (механічну) пам'ять і вербально-логічну пам'ять, яка притаманна тільки людині, як послідовні етапи розвитку в онтогенезі [1, с. 174]. Перехід на логічну пам'ять повинен відбуватися у підлітковому віці [2, с. 322]. Наше дослідження показало, що лише частина учнів і студентів користується при засвоєнні фізичних знань логічною пам'яттю дорослої культурної людини, решта ж вдовольняється дитячою механічною пам'яттю. До чого це приводить? Ті, хто користується механічною пам'яттю, можуть дуже добре писати фізичні диктанти з невеличкою за обсягом новою темою, а через деякий вельми короткий час не в змозі відтворити ті самі означення, не кажучи вже про застосування знання термінології до конкретних більш складних завдань. А коли на звичайних контрольних роботах ці більш складні завдання учні та студенти не виконують, то складається враження, що труднощі виникли при *застосуванні*

знань. Насправді ж *знань уже і нема*, бо вони забуті, і текст завдання стає просто незрозумілим.

Таким чином, ми приходимо до думки, що треба навчитися розрізняти ті знання, що засвоєні механічно, і ті, що залишаються надовго, бо здобуті в результаті змістовної обробки матеріалу шляхом встановлення логічних зв'язків між окремими його частинами, а також з наявними вже знаннями.

Для дослідження цього питання ми склали контрольну роботу з молекулярної фізики та термодинаміки, до якої включили різні за типами завдання, що суттєво спираються на знання термінології. Цю контрольну роботу виконували учні X класу фізико-математичного ліцею та IV курсу фізичного факультету університету, яких ми добре знали і могли з поточних спостережень та спеціального анкетування робити висновки щодо типу пам'яті, яким вони користуються, засвоюючи фактичний матеріал з фізики. На виконання роботи відводилось півтори години. Наведемо тексти завдань.

**1. Відновіть пропущені літери і запишіть відповідні терміни:**

1. ●БОР●Н●Й ПР●Е● 2. КА●Л●РН● ●В●Щ● 3. ●СИ●РО●Т●  
4. П●О●Т● 5. Д●РА●А ●Т●НУ Р●О●И●И 6. К●ИТИ●И●  
С●Н ●ЕЧ●ИН● 7. Д●СЛ●И ПЕ●Р●А 8. ●ЗПО●Л  
●ОЛ●МА●А 9. ●ОС●І● ●ТЕР●А 10. ●РОС●ОВА ГР●А 11.  
БА●М●РИЧ●А ФО●ЛА 12. РІ●Я●Я МА●РА 13. РО●ЧЕ  
ТІ● 14. Ю●Й КРИ●Л 15. ФА●В●Й ПЕРЕ●Д 16.  
ПОВЕ●Е● —АК●ВН● РЕ●В●Н● 17. ●В●Р●ЕВИЙ  
Н●Т● 18. ИЗ●ЕР●И В● —ЕР —АЛЬ●А 19. ПОК●З●К  
ПО●ТР●И 20. А●АБА●И● ●РО●С.

**2. Заповніть таблицю, відмічаючи “+”, якщо формула відповідає процесу, і “-”, якщо ні. Передбачається, що мова йде про незмінну кількість одноатомного ідеального газу.**

- 1)  $P=const$ ; 2)  $V=const$ ; 3)  $T=const$ ; 4)  $U=const$ ; 5)  $PV=const$ ;  
6)  $VT=const$ ; 7)  $\frac{T}{V}=const$ ; 8)  $\frac{P}{T}=const$ ; 9)  $PT=const$ ;  
10)  $\frac{P}{V}=const$ ; 11)  $S=const$ ; 12)  $A=0$ ; 13)  $Q=A$ ; 14)  $A_{12}=P(V_2-V_1)$ ;

15)  $A_{12} = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1}$ ; 16)  $Q = \Delta U$ ; 17)  $C = 0$ ; 18)  $C = \frac{3}{2} R$ ;

19)  $C = \frac{5}{2} R$ ; 20)  $C = \infty$ .

	1	2	3	...	18	19	20
Ізотермічний							
Ізобарний							
Ізохорний							
Адiabатний							

**Назвіть величини, що входять до наведених формул. У яких одиницях вони вимірюються в СІ? Зразок оформлення:  $F$  – сила – Н.**

1) P; 2) V; 3) T; 4) U; 5) S; 6) A; 7) Q; 8)  $\nu$ ; 9) R; 10) C.

**3. Чи правильні твердження:**

- Число Авогадро  $N_A$  дорівнює  $6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.
- Молярна маса чисельно дорівнює масі 1 моля речовини.
- Температура збільшується при ізотермічному стисненні.
- Молярна теплоємність ідеального одноатомного газу при постійному об'ємі дорівнює  $1,5R$ .
- Коефіцієнт поверхневого натягу рідини дорівнює поверхневій енергії, що приходить на одиницю площі вільної поверхні.
- Рівняння стану ідеального газу і рівняння Клапейрона-Менделєєва – це одне й те ж саме.
- Точка роси визначається за допомогою конденсаційного гігрометра.
- Пара, що знаходиться в термодинамічній рівновазі зі своєю рідиною, є насиченою.
- При критичній температурі теплота пароутворення стає нульовою.
- Анізотропія – незалежність фізичних властивостей (пружних, механічних, теплових, електричних, магнітних, оптичних) від напрямку.
- Число Авогадро  $N_A$  дорівнює  $6,02 \cdot 10^{23}$  кг/моль.
- Молярна маса чисельно дорівнює 1/12 маси атома ізоотопу вуглецю  $C^{12}$ .
- Для тіл, що знаходяться в термодинамічній рівновазі, температура однакова.
- Молярні теплоємності ідеального газу при постійному об'ємі і постійному тиску пов'язані співвідношенням:  $C_V - C_P = R$ .
- Висота підйому рідини в капілярній трубці прямо пропорційна коефіцієнту поверхневого натягу.
- Внутрішня енергія ідеального газу пропорційна добутку тиску на об'єм.
- Точка роси визначається за допомогою психрометра.
- Тиск

насиченої пари зростає зі збільшенням температури за лінійним законом. 19. Для води температура потрійної точки точно дорівнює 273,16 К. 20. Здатність деяких речовин існувати в станах із різною атомно-кристалічною структурою, називають поліморфізмом. 21. Число Авогадро показує, скільки структурних елементів (атомів або молекул) міститься в 1 молі речовини. 22. Молярна маса вимірюється в атомних одиницях маси. 23. Температура є адитивною величиною. 24. Теплоємність не може бути від'ємною. 25. Коефіцієнт поверхневого натягу рідини збільшується при підвищенні температури. 26 Для ідеального газу не справедливий закон Дальтона. 27. Точка роси визначається для знаходження відносної вологості повітря. 28. До насиченої пари завжди можна застосовувати рівняння Клапейрона-Менделєєва. 29. Температура потрійної точки більше критичної температури. 30. Возгонка та сублімація – це слова-синоніми. 31. Число атомів у 0,012 кг ізотопу вуглецю  $C^{12}$  чисельно дорівнює числу Авогадро. 32. Молярна маса може бути знайдена як добуток маси однієї молекули речовини на число Авогадро. 33. Температура зменшується при адіабатному розширенні. 34. Щоб знайти питому теплоємність речовини при політропному процесі, знаючи молярну, треба останню поділити на молярну масу. 35. Коефіцієнт поверхневого натягу рідини зменшується під впливом поверхнево-активних речовин. 36. Рівняння Майєра справедливо тільки для ідеального газу. 37. У процесі визначення точки роси парціальний тиск водяних парів у повітрі не змінюється. 38. Залежність тиску насиченої пари від температури і залежність температури кипіння від зовнішнього тиску співвідносяться між собою як обернені функції. 39. Залежність тиску насиченої пари від температури визначена при температурах між потрійною та критичною точками. 40. Розрізняють три основних типи аморфних тіл: смектичні, нематичні та холестеричні.

#### **4. Відновіть пропущені терміни:**

1. Кут між дотичними до поверхонь рідини та твердого тіла називається...
2. Шкала температур, названа на честь У. Томсона, що вперше започаткував принцип побудови температурної шкали на основі другого начала термодинаміки, називається шкалою...



3. Термодинамічна температурна шкала визначається за однією реперною точкою, за яку взята ...точка води.
4. Процес, при якому теплоємність залишається постійною, називається...
5. Процес, при якому відсутній теплообмін між системою і навколишнім середовищем, називається...
6. При деякій температурі на ізотермі реального газу в  $P-V$  координатах є лише одна точка, в якій дотична до графіку горизонтальна. Відповідна температура називається...
7. Функція стану, повним диференціалом якої є  $\delta Q/T$ , називається...
8. Величина, що визначається формулою  $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$ , називається...
9. Величина, що визначається формулою  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ , називається...
10. Середню відстань між двома послідовними зіткненнями молекули називають...

**5. Дайте відповідь на запитання, записавши відповідні формули:**

1. Як, знаючи тиск і температуру ідеального газу, знайти концентрацію молекул?
2. Як знайти масу молекули, знаючи молярну масу речовини?
3. Як знайти густину відомого ідеального газу, знаючи тиск і температуру?
4. Як знайти середню квадратичну швидкість молекул відомого ідеального газу, знаючи його кількість, тиск і об'єм, що він займає?
5. Як, знаючи середню енергію поступального руху молекул ідеального газу, знайти його температуру?
6. Як знайти густину відомого газу, знаючи концентрацію молекул?
7. Як знайти внутрішню енергію ідеального одноатомного газу, знаючи його тиск та об'єм?
8. Як знайти кількість теплоти, переданої холодильнику теплової машини, якщо відома кількість теплоти, яка отримана від нагрівача, та коефіцієнт корисної дії циклу?
9. Як знайти кількість теплоти, яка передана відомому

ідеальному газу, що спочатку розширювався ізотермічно, а потім адіабатично так, що він виконав при цьому роботу  $A_1$  і  $A_2$  відповідно?

10. Як знайти нову абсцису максимуму розподілу Максвелла молекул за швидкостями, якщо відома початкова і те, що температура зросла в 2 рази?

Зробимо короткий аналіз одержаних результатів. Виявилось, що успішність виконання першого завдання на відновлення букв, що були пропущені у термінах, майже ніяк не пов'язана з типом пам'яті, яку в основному використовує учень або студент при вивченні фізики. З іншими завданнями у середньому краще впоралися студенти і школярі, які користуються логічною пам'яттю. Симптоматичними були результати останньої частини другого завдання, де треба було назвати ті фізичні величини та одиниці їх вимірювання в СІ, які входили до формул. Не дивлячись на те, що контрольна робота була з *молекулярної фізики та термодинаміки*, знайшлися школярі та студенти, які вважали, що  $U$  – напруга,  $S$  – площа,  $Q$  – заряд,  $R$  – опір, а  $C$  – ємність конденсатора. Такі відповіді були виключно у тих, хто залишається на рівні дитячої механічної пам'яті.

Наше дослідження показало доцільність складання і використання контрольних робіт, основна увага в яких приділялася б перевірці засвоєння термінології досить великого за обсягом розділу фізики. Але треба звернути увагу на те, що різні типи завдань не однаково пристосовані для виявлення того, які знання здобуті механічним заучуванням, а які з'явилися як результат логічної обробки матеріалу. А таку диференціацію треба робити, бо ці знання якісно різні, як за терміном зберігання, так і за пристосованістю для використання.

#### **Список використаних джерел:**

1. Выготский Л.С. Психология. М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2000. – 1008 с. (Серия “Мир психологии”).
2. Психология человека от рождения до смерти / Под. ред. А.А. Реана. – СПб.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2001. – 656 с. (Серия “Психологическая энциклопедия”).

## ДЕМОНСТРАЦИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ЯМР СПЕКТРОВ В МАГНИТОУПОРЯДОЧЕННЫХ ТЕЛАХ

А.А. Безлепкин, С.П. Кунцевич, В.П. Палехин  
г. Харьков, Харьковский национальный университет  
им. В.Н. Каразина

Явление ядерного магнитного резонанса (ЯМР) широко используется в различных технических устройствах при создании медицинской диагностической аппаратуры, при проведении научных исследований в биологии, физике и химии.

Раздел ЯМР присутствует во многих учебных курсах, посвященных магнитному резонансу. В связи с этим возникает необходимость разработки методик и создания устройств для лекционных демонстраций и макетов лабораторных работ по изучению явления ЯМР.

Существенный прогресс в создании высококачественных монокристаллов магнитоупорядоченных веществ позволяет создать простые демонстрационные устройства и с помощью стационарной методики осуществить демонстрацию основных особенностей ЯМР в магнитоупорядоченных веществах. Огромные коэффициенты усиления ( $\sim 10^3$ ) [1] по радиочастотному полю в доменных границах (ДГ) высокоанизотропных гексаферритов М типа ( $\text{MeFe}_{12}\text{O}_{19}$  –  $\text{Me}=\text{Ba}^{2+}, \text{S}^{2+}$ ) позволяют наблюдать спектры ЯМР от ядер  $\text{Fe}^{57}$  в середине и на краю ДГ и с помощью простых радиотехнических устройств демонстрировать их температурные особенности.

В данной работе описан спектрометр для демонстрации основных особенностей спектров ЯМР ядер  $\text{Fe}^{57}$  в ДГ гексаферрита  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ , обогащенного на 95% изотопом  $\text{Fe}^{57}$ , с помощью стационарной методики. Экспериментально было установлено, что явление “насыщения” ЯМР сигнала начинает наблюдаться при напряжениях на радиочастотном контуре  $\approx 10^2$  В. Поэтому в спектрометре используется пассивный колебательный контур, амплитуда напряжения на котором составляет  $10^{-3} \div 10^{-4}$  В.

Функциональная схема спектрометра представлена на рисунке.

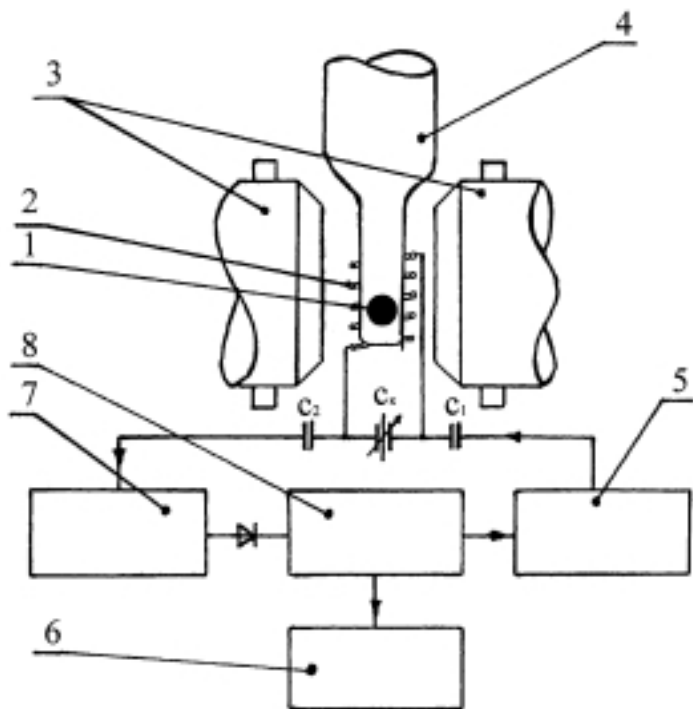


Рис. Функциональная схема спектрометра для исследования ЯМР магнитоупорядоченных веществ стационарным методом.  
 1 – образец; 2 – катушка датчика ЯМР; 3 – электромагнит;  
 4 – криостат; 5 – частотомер; 6 – самописец; 7 – усилитель высокой частоты; 8 – измеритель АЧХ (X1-42).

Спектрометр содержит пассивный LC-контур, в катушке индуктивности которого помещается исследуемый образец, ориентированный гексагональной осью  $c$  вдоль оси катушки. Контур через емкость связи  $C_1$  подключен к выходу генератора качающейся частоты. В качестве генератора качающейся частоты используется генератор измерителя амплитудно-частотных характеристик X1-42. LC-контур через емкость  $C_1$  подключается к выходу широкополосного высокочастотного усилителя. Выход усилителя погружен на детекторную секцию прибора X1-42. Ге-

нераторный блок вырабатывает стабильное по амплитуде напряжение, частота которого линейно изменяется со временем. При совпадении частоты радиочастотного поля с частотой ЯМР изменяется напряжение на LC-контуре. Напряжение на контуре усиливается широкополосным усилителем, детектируется и подается на индикаторный блок прибора Х1-42. На экране индикаторного блока наблюдается резонансная кривая контура, на которой сигналы ЯМР имеют вид пиков. Перестройка контура осуществляется конденсатором переменной емкости С.

Величина возбуждающих напряжений, подаваемых на LC-контур, может ослабляться от значения  $10^{-1}$  В на 70 ДБ с дискретностью 1 ДБ. При необходимости, спектры могут быть записаны с помощью самописца, который подключается к выходу прибора Х1-42. При записи может быть использован режим «развертки» длительностью 40 секунд, либо с произвольной скоростью «вручную». Частота пиков измеряется частотомером ЧЗ-34А при ручном режиме измерений частоты генератора качающейся частоты. Точность определения положения пиков ЯМР не хуже 10 кГц.

При исследовании температурных зависимостей характеристик ЯМР в интервале 4,2–295 К катушка индуктивности с образцом помещается в криостат, с помощью которого задается определенная температура.

Спектрометр позволяет:

- 1) наблюдать ЯМР во внешнем магнитном поле и определять принадлежность сигналов ядрам  $\text{Fe}^{57}$  в ДГ;
- 2) фиксировать двулинейчатые спектры ЯМР, соответствующие группам ядер на краю и в середине ДГ;
- 3) наблюдать анизотропию локальных частот ЯМР в ДГ и фиксировать ее температурные изменения;
- 4) наблюдать превращения двулинейчатого спектра ЯМР в однолинейчатый при совпадении частот от середины и края ДГ.

Литература:

[1] Gonzales V., Lutgemaer H., Zinn W. Investigation of domain walls in  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  by the NMR spin-echo. // JMMM, 1976, N2, p. 36-38.

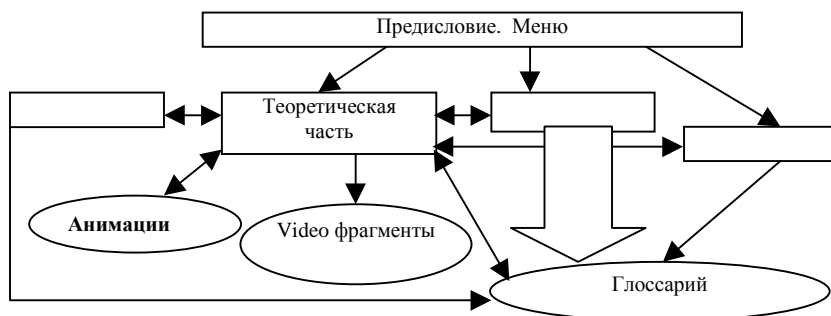
# РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ НА ПРИМЕРЕ РАЗДЕЛОВ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

А.В. Безуглый, В.В. Калинин, Д.В. Калинин  
г. Харьков, Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники

В настоящий момент становится очевидным, что персональный компьютер способен быть универсальным техническим средством обучения, при помощи которого представляется возможным не только осуществить подачу фактического учебного материала, но и обеспечить соответствующую индивидуальному уровню подготовленности с учётом психики каждого обучаемого игровую обстановку, проблемную ситуацию, темп учёбы и многое другое. Попытки реализовать построение компьютерного учебного комплекса по физике [1, 2] в основном, связаны с программой высших учебных заведений. Освоение такого курса физики может быть полезно в равной степени студентам заочной, дистанционной форм обучения, а также стационарной, как новый, дополнительный вид самостоятельных занятий.

Данная работа представляет пособие по физике, направленное на освоение теоретического материала по разделам “Квантовая и ядерная физика”, а также на обучение студентов решению стандартных задач на примере темы “Классическая и квантовая теория теплового излучения”

Структура пособия, представленная на схеме, раскрывает связи и возможности поставленной задачи.



ПРЕДИСЛОВИЕ–МЕНЮ определяют характер связи отдельных частей системы, их суть, функции, а также порядок обращения к ним.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ выступает как информационная база системы. Она разбита на разделы, главы, темы, параграфы. Кроме того, параграфы имеют необычное разбиение, которое соответствует смысловым порциям, относящимся к отдельным физическим понятиям, величинам, их характеристикам, единицам и т.д. Компьютерная программа построена так, что позволяет сложить наиболее полное представление об интересующей величине, наводя курсор на ссылки, сконцентрированные в решебнике, вопроснике или глоссарии, и высвечивая на экране порции текста. Там, где считается возможным и целесообразным, текст дополняется фрагментами компьютерной анимации, выполненной в Macromedia Flash 4 и 3D Studio Max 3.0, или короткими Video-фрагментами натуральных съёмок демонстрационных опытов.

ВОПРОСНИК содержит достаточно большое количество вопросов различной сложности, сформулированных для ответов в вербальной, аналитической и смешанной формах. Его можно использовать в двух режимах: тренажёра и контролёра. В режиме тренажёра указанные ответы содержат ссылки на смысловые порции, выделенные в теоретической части и в глоссарии, относящиеся к содержанию правильного и неправильного ответа. В режиме контроля из вопросов формируются небольшие тестовые наборы, охватывающие содержание темы. По результатам тестирования выставляется оценка, соответствующая знанию теории.

ГЛОССАРИЙ в данной разработке должен быть не только толковым словарём, но и физической энциклопедией. Во-первых, при помощи ссылок он связан со смысловыми порциями теоретической части. Во-вторых, он дополняет краткие технические сведения формулами, данными о размерности, о единицах измерения в СИ и буквенном обозначении физической величины. Оформление глоссария в виде таблицы удобно для пользователя при решении задач.

РЕШЕБНИК предназначен для обучения пользователя правильному подходу к решению задач по теме. На примере нескольких стандартных задач путём создания системы вопросов и

ответов проводится первичный анализ. При этом делается попытка расчленить задачу на элементарные условия и требования. В совокупности условий нужно видеть объект и его характеристики; если объектов несколько, то выяснить их отношение. Анализ объектов и их отношений позволяет мысленно сформировать модель физического явления и, если возможно, схематически описать её. Все эти моменты являются слагаемыми мастерства преподавателя. Передача этих функциональных шагов компьютеру сопряжена с особыми трудностями и потерями. Однако здесь можно делать ставку на активизацию творческих способностей пользователя, его умение целенаправленно пользоваться глоссарием, теоретической частью и системой помощи. Необходимо, чтобы за счёт тонко сформулированных вопросов обучаемый не только получил правильное численное значение величины и проверил её единицы измерения, но и смог проанализировать полученный результат.

ЗАДАЧНИК содержит задачи для самостоятельного решения и контрольные задания. И те, и другие обеспечены системой пошаговой помощи по просьбе пользователя. Однако при выполнении контрольной работы каждое обращение за помощью сопровождается начислением штрафных баллов. Учитывая широкий спектр способностей обучаемых, предусмотрены не только пошаговое выполнение действий задачи, но и возможность её быстрого решения. Тогда пользователь может сразу перейти к последней операции: набрать численные значения и единицы полученного им ответа. Если ответ правильный, то выставляется высшая оценка. Если допущена ошибка, то можно ещё предоставить возможность пользователю набрать конечную формулу в буквенном выражении. При этом важно, чтобы все физические величины имели единственное буквенное обозначение во всех частях пособия.

Итоги проведения контрольной аккумулируются и обрабатываются системой менеджмента обучения Learning Spase 4.



### Литература.

1. Безуглый А.В., Калинин В.В., Стороженко В.А. Использование информационных технологий в преподавании общего курса физики. // Образование и виртуальность – 2001. Сборник трудов 5-й Международной конференции УАДО. – Харьков–Ялта, 2001. – С. 308-314.

2. Груднев Г.Ю. Розробка мультимедійного інтерактивного полілінгвістичного курсу фізики в інтегрованому середовищі програмування VISUAL BASIC 6. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Збірник наукових праць: в 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2001. – Т. 2. – С. 104-107.

## **СИСТЕМНИЙ КОНТРОЛЬ ЗНАТЬ ТА УМІНЬ, ЯК МЕТОД АКТИВІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ**

Б.І. Бешевлі, О.В. Кіричук, С.В. Сімволокова  
м. Донецьк, Донецький національний університет

Розвиток і вдосконалення системи освіти завжди виділяло цивілізовані країни з загального числа. У сучасний період перегляду і зміни ціннісних орієнтацій, перед системою освіти ставиться задача формування в світогляді студентів досить цілісної наукової картини навколишнього Світу. Тому на “Порядку денному на ХХІ століття”, прийнятому в Ріо-де-Жанейро (ОЗН), задача освіти визначається як: “... перетворити концепцію стійкого розвитку суспільства в систему духовних і професійних установок людства”.

Значне зростання інформації привело до того, що навчання стало не окремим періодом життя людини, а супроводжує його все життя. Отже метою освіти є широка, концептуальна освіта, здатна дати необхідні конкретні знання про будову і розвиток неживої і живої природи, характер законів природи і розкриттю змісту основних категорій природознавства (простір, час, матерія, рух, енергія, життя, інформація, еволюція).

Як відомо, знання є лише засобом розвитку мислення, а розум розвивається в діяльності. Тому все, що стимулює активну розумову діяльність (захопленість, інтерес, свідомість потреби що вивчається), створює умови для неї, сприяє розвитку мислення. У той же час процес навчання неможливий без контролю результатів цієї діяльності і є однією з його складових, що дозволяє отримати інформацію про діяльність і її результати, тобто забезпечує зворотний зв'язок між вчителем і тим, хто навчається.

Одним з істотних недоліків традиційної системи контролю знань в ВУЗах є те, що вона, як правило, не стимулює студента до систематичної роботи, передбачаючи тільки кінцевий екзаменаційний контроль.

У світі сучасних потреб освіти необхідне створення такої системи контролю знань і умінь, яка б не просто констатувала рівень засвоєння матеріалу, а стимулювала пізнавальну

діяльність тих, кого навчають.

Однією з найбільш популярною моделей такого контролю є рейтингова система, автори якої пропонують її як ту, що найбільш повно задовольняє всім вимогам сучасної педагогіки. Однак їй властиві вельми істотні недоліки, які є принципово неусувними. Зокрема, ставлячи перед собою цілком благородні цілі стимулювання постійної роботи студентів, дана система контролю в кінцевому результаті зводить все до прагнення отримання “автомата” на екзамені.

Запропонований системний контроль має деяку схожість з рейтинговою системою, однак його основною метою є орієнтація студентів не на отримання “автомата”, або додаткових балів на екзамені, а на формування у нього стійкого інтересу до предмета, що вивчається і прагнення до оволодіння новими знаннями і вміннями. Основна особливість цієї системи полягає в тому, що на всіх етапах контролю здійснюється нерозривний зв'язок між матеріалом, що вивчається і вивченим раніше. При цьому основна увага звертається на формування вміння у студентів будувати логічні зв'язки між різними явищами природи.

Істотний вплив на активність студентів в процесі навчання і їх зацікавленість в матеріалі, що вивчається, надає форма і методика контролю цього матеріалу.

Звичайно при розв'язанні стандартних задач від учня потрібно, слідуючи певному алгоритму, отримати чисельну відповідь. У цьому випадку метою для нього стає конкретний результат, хоч насправді метою практичних занять повинне бути оволодіння прийомами використання відомих теоретичних фактів на практиці. У результаті відбувається підміна однієї мети навчання абсолютно іншою. Досягнення поставленої мети навчання, тобто вміння узагальнювати теоретичні знання і використати їх на практиці, може бути досягнуте шляхом використання нестандартних задач. Як підкреслював ще академік П.Л. Капіца, “...вони є постановкою невеликих проблем, і студент повинен на основі відомих фізичних законів проаналізувати і кількісно описати задане явище природи”. Першим етапом в такому дослідженні є якісні задачі, для розв'язання яких студенту потрібно не просто знання окремих формул, а розуміння теорії загалом, логічне мислення. Якісні задачі дозволяють більш гнуч-

ко проконтролювати засвоєння пройденого матеріалу. Крім того, в умовах якісних задач використовуються здавалося б найпростіші явища з життя, що по-перше, пробуджує набагато більший інтерес до рішення, тобто поясненню фізичних явищ, а це в свою чергу, примушує користуватися додатковою літературою і розширює кругозір; по-друге, такі задачі показують, що фізичні явища оточують нас всюди, і цей факт також сприяє підвищенню зацікавленості предмета, що вивчається.

До багатьох явищ людина звикає настільки, що не звертає на них увагу. Вирішуючи якісні задачі той, хто навчається, мимовільно починає шукати пояснення всьому, що відбувається навколо. Саме виходячи з цього якісні задачі включені в системний контроль.

Першим етапом контролю є визначення рівня підготовки студентів і формування основи, на якій буде базуватися накопичення і засвоєння нового матеріалу. З цією метою на початку семестру проводиться вхідне тестування студентів по універсальних тестових завданнях, які передбачають перевірку як знань, так і умінь застосовувати ці знання на практиці.

Потім на протязі всього семестру ведеться безперервний контроль знань і умінь студентів, який полягає в наступному. На практичних заняттях проводиться короткий контроль по індивідуальних завданнях, які включають в себе тестові завдання на перевірку формальних знань студентів, що дозволяє оцінити міру їх підготовки до рішення практичних задач. Потім проводиться коротке фронтальне опитування з метою з'ясування знання студентами визначень і понять як поточного, так і попереднього матеріалу. При розв'язанні задач активізація учбового процесу здійснюється шляхом залучення всієї групи до обговорення шляхів вирішення поставленої задачі і отриманих результатів. На лабораторних заняттях контроль здійснюється по індивідуальних завданнях, які крім тестових завдань на перевірку знань і умінь, що відносяться до даної лабораторної роботи, містять якісні задачі по темі, що вивчається. Така структура індивідуальних завдань дозволяє підвищити мотивацію студентів, оскільки якісні задачі розвивають у них інтерес до предмета, що вивчається.

Після закінчення першої половини семестру проводиться

контрольне тестування і колоквиум. У цьому випадку студенту пропонується крім відповіді на формальні контрольні питання вирішити деяку нестандартну задачу, що передбачає не тільки глибоке розуміння вивченого матеріалу, але і уміння використати його на практиці. Як правило, ці задачі розробляються для студентів з урахуванням специфіки факультетів, на яких вони навчаються.

У кінці семестру проводиться підсумкове тестування і залік по лабораторних і практичних заняттях. Завершальним етапом є екзамен, внаслідок якого оцінюються знання і уміння студентів.

За результатами безперервного контролю будуються графіки успішності кожного студента, що дозволяє чітко бачити загальну картину успішності і прогнозувати результати екзаменів.

Такий безперервний контроль дозволяє вчасно усувати всі “пропуски” в навчанні студентів, причому з одного боку не допускати дефіциту безпосереднього спілкування викладач – студент, а з іншої сторони виключає суб’єктивність оцінки екзаменатора.

Студенти мають реальну можливість планувати свій індивідуальний графік підготовки до екзамену і акцент переноситься не на отримання “автомата” на екзамені, а на глибоке і осмислене засвоєння матеріалу, що вивчається.

У результаті кожний студент має реальні можливості підвищити свій рівень підготовки і авторитет в учбовій групі, що так само активізує учбовий процес.

Порівняння запропонованої системи контролю з традиційною проводилось при викладанні курсу фізики на біологічному факультеті при загальній чисельності студентів 82. Вони були випадковим чином поділені на дві групи. В першій використовувався системний контроль, а в другій – традиційний.

По підсумкам екзаменаційної сесії було отримано, що в групі, де застосовувався системний контроль, загальний рівень знань був на 12 відсотків вищий, ніж в контрольній групі.

## ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РІЗНИХ СИСТЕМ ОЦІНКИ ЗНАНЬ

Б.І. Бешевлі, Л.В. Сулименко, В.В. Сергієнко  
Донецький національний університет

Цілі і задачі, поставлені перед сучасною системою освіти, можуть бути досягнуті тільки шляхом використання нових, нетрадиційних методик навчання. Реформа середньої і вищої освіти на Україні, проведена в останні роки, здійснила корінну зміну старих стереотипів у викладанні взагалі й в оцінці знань зокрема.

Відомо, що при викладанні здійснюється регулювання і коригування процесу навчання на основі безперервного поточного контролю, тобто одержання інформації про хід навчання учнів та ефективності прийомів і методів своєї власної діяльності. З метою корекції процесу навчання викладач проводить діагностику знань і умінь на різних його етапах: лекціях, практичних, лабораторних і додаткових заняттях, що сприяє переходу учнів на більш високий рівень засвоєння знань.

Особливе місце на цьому етапі діяльності вчителя займає стимулювання активності і самостійності учнів. Від вчителя потрібно не тільки розуміння людської поведінки, але й використання психологічних методів. Ці методи спираються на уміння переконувати, на розуміння психології учнів. Вчитель повинен знайти індивідуальний підхід до кожного учня, постійно тримати в полі уваги його діяльність. Все це може бути досягнуто через систему оцінки знань.

Для того щоб оцінити знання, необхідно, насамперед, їх вимірити. Вимір – процес порівняння властивості, яку досліджуємо, з деяким еталоном, який приймається за одиницю виміру. У педагогіці немає одиниці виміру знань, тому ця проблема займає особливе місце в науці. Насамперед необхідно сформулювати, що ж таке конкретне знання, побудувати деякий його образ, скласти відповідні завдання для перевірки знань і потім оцінити якість їх виконання. Оцінка – це чисельний аналог оцінних суджень. Необхідно одержати чисельні показники рівня знань студентом того чи іншого предмета, явища.

Тому сьогодні актуальною стає проблема кількісної оцінки

результатів процесу навчання. Існує велика кількість різних систем і шкал оцінок знань, які практично не пов'язані одна з одною. В зв'язку з цим необхідно розробити методика порівняння оцінок, отриманих у різних системах, між собою, що дасть можливість точніше визначити ступінь глибини засвоювання матеріалу, що вивчається.

Фахівці міркують над тим, якою системою оцінок визначити рівень знань і умінь. Зараз практично реалізовані тільки дві системи оцінки знань: традиційна екзаменаційна і тестова. Не зупиняючись на достоїнствах і недоліках цих систем, можна сказати, що якщо екзаменаційна оцінка ґрунтується на суб'єктивному порівнянні знань того, кого екзаменують з рівнем, що визначається екзаменатором, то тестова передбачає два способи порівняння. У першому випадку бали, набрані екзаменуємим у процесі тестування порівнюються з результатами, що показали інші люди, виконуючи той же тест (експертна оцінка). У другому – конкретний результат порівнюється з даним незмінним мінімальним балом, необхідним для заліку цього тесту. Тому необхідна методика, що дозволяє порівнювати між собою результати контролю, проведені в різних системах.

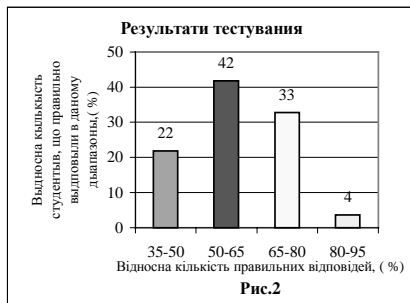
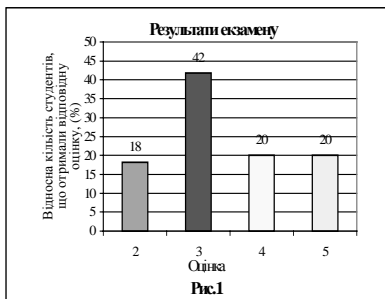
Наприклад, такі країни, як Афганістан, Бангладеш, Болівія, Єгипет та деякі інші використовують шкалу оцінки знань 0–100 балів, Італія – 30 балів, Алжир, Марокко – 15, Австралія, Болгарія, Німеччина – 6 балів, Уругвай – 0–12, Росія – 2-5, Франція – 20, і, нарешті, Україна – 1–12.

Уніфікація шкали оцінок для всієї планети – не найближче майбутнє. На сьогоdnішньому етапі можна лише спробувати розробити методика порівняння систем оцінок з різною кількістю балів, що дозволить переводити дані про успішність тих, кого навчають, з однієї шкали в іншу. Що ми і спробували зробити. За малобальну шкалу оцінок приймалась традиційна п'ятибальна, а багатобальну – результати проведення тестового контролю.

Експеримент проводився у групах другого курсу біологічного факультету. Під час проведення екзамену студенти окрім екзаменаційного білета, отримували тестове завдання, яке складалося з 40 завдань. Результати екзамену приведені на рис. 1, а результати тестування на рис. 2 та рис. 3. На рис. 2 при-

ведена гістограма, перерахована для чотирибальної системи при рівних діапазонах дії оцінки, а на рис. 3 неперервний розподіл.

З метою порівняння результатів тестування та екзаменаційної оцінки, розглянемо рис. 1 і 2. Можна зробити висновок, що діапазон дії оцінки «2» лежить від 0 до 50% правильних



відповідей, «3» – від 50 до 65%. Оцінки «4» та «5» ставляться за

65% правильних відповідей і більше. Виявилось, що при рівномірному розподілі діапазона дії оцінок багатобальна і малобальна системи досить добре співпадають при оцінках «2» і «3». Розбіжність між «4» і «5» значно більша. Це можна пояснити тим, що під час екзамену відбувається



бесіда студента з викладачем, і за рахунок додаткових питань, що вимірюють рівень та глибину засвоєння матеріалу, оцінка може бути підвищена. Видно, що рівномірний розподіл діапазона дії оцінок не дає можливість перейти від однієї системи до іншої. В цьому випадку необхідно підбирати діапазон дії оцінки таким чином, щоб гістограми обох залежностей співпадали.



## **МІСЦЕ ТА РОЛЬ КУРСОВИХ РОБІТ З АСТРОНОМІЇ В ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ**

Г.М. Бойко, О.П. Ващенко  
м. Київ, Національний педагогічний університет  
імені М.П. Драгоманова

Астрономія – наука про закони руху, будову й розвиток небесних світил та їх систем. Широке пізнавальне значення результатів астрономічних досліджень останніх століть зумовило тісний зв'язок астрономії з філософськими системами. Наукові дані та ідеї щодо будови та еволюції світу завжди узагальнювались з певних філософських засад та ставали частиною духовного життя народів. Головні досягнення астрономічної науки є підґрунтям наукової картини світу, що певною мірою засвоює кожне нове покоління людей.

Важливе місце в професійній підготовці майбутніх вчителів фізики відіграють виконувані студентами курсові роботи з астрономії. Головний зміст цієї форми навчання – поглиблення професійної підготовки в процесі самостійного творчого застосування отриманих знань, набутих умінь та навичок для розв'язку чітко сформульованих практичних завдань, оцінка рівня професійної підготовки майбутнього фахівця. Тому курсові роботи можна розглядати не тільки як один із видів самостійної навчальної та експериментальної роботи студентів, але і як узагальнююча форма контролю.

Курсові роботи у більшості випадків завершують вивчення загальнопрофесійних або профілюючих дисциплін, охоплюючи найбільш важливі аспекти підготовки майбутнього фахівця.

В НПУ імені М.П. Драгоманова акумульовано певний позитивний досвід проведення курсових робіт з астрономії із студентами-фізиками четвертого курсу фізико-математичного факультету. Розглянемо докладніше систему курсових робіт з астрономії, що набула широкого застосування в нашому Університеті.

Особливість викладання курсу астрономії в педагогічному університеті полягає в наступному: лекційний курс загальної астрономії читається в п'ятому-шостому семестрах (спеціальність “Фізика і астрономія та основи життєдіяльності”), а курсові ро-

боти виконуються студентами за навчальним планом у восьмому семестрі.

Специфіка астрономії, як навчальної дисципліни полягає в інтегральному поєднанні множини знань із різних областей наук (філософії, математики, фізики, біології, хімії і таке інше), забезпечуючи можливість формулювання надзвичайно різноманітних тем курсових робіт.

Як відомо за дидактичною метою, розмаїття тем курсових робіт можна поділити на чотири типи:

- реферативні;
- теоретичні;
- експериментальні;
- навчально-методичні.

Реферативні курсові роботи переслідують мету подальшого розвитку в студентів умінь самостійно працювати з науково-біографічною літературою з астрономії, сприяють формуванню науково обґрунтованого світогляду, виховують патріотизм. Такі курсові роботи присвячують огляду сучасних досліджень в астрономії та космонавтиці, історичним аспектам розвитку астрономії як науки, біографічним дослідженням видатних вчених, світоглядним питанням. Матеріали виконаних курсових робіт студенти з успіхом застосовують для поширення астрономічних знань серед учнів загальноосвітніх шкіл та ліцеїв, як під час педагогічної практики так і в подальшій професійній діяльності. Типовими є наступні теми курсових робіт реферативної спрямованості:

- календар – із стародавніх часів до наших днів;
- філософські аспекти сучасних космогонічних та космологічних теорій;
- успіхи сучасної космонавтики;
- роботи С.П. Корольова;
- імена видатних українців в космосі.

Високі вимоги до знань із загальної астрономії накладають курсові роботи теоретичного спрямування. Для успішного виконання такої курсової роботи також абсолютно необхідними є ґрунтовні знання з математики й фізики (особливо теоретичної фізики) та умінь творчо їх застосовувати. Доконче потрібно також мати навички роботи із сучасною обчислювальною

технікою.

Прикладом тем теоретичного спрямування курсових робіт є:

- визначення мас небесних тіл;
- розрахунок часу польоту та моментів старту космічних апаратів до планет та їх супутників за траєкторіями із найменшими втратами енергії;
- пояснення видимого положення планет в різні пори року для певної точки спостереження;
- розрахунок траєкторії метеора;
- задача трьох тіл (частковий випадок).

Астрономія – наука, що ґрунтується на спостереженнях, за результатами яких проводять різноманітні розрахунки та створюють теорії. Тому експериментальні роботи, пов'язані із астрономічними спостереженнями, є обов'язковою складовою системою курсових робіт. Вони дозволяють студенту відчувати реальність небесних об'єктів, про які говорять в теоретичному курсі, виховують спостережливість, послідовність, наполегливість, акуратність у фіксуванні результатів. Оволодіння методикою астроспостережень є важливим елементом професійної підготовки майбутнього вчителя фізики (формування необхідних навичок організації та проведення астрономічних спостережень в школі).

Важливе значення астроспостережень також полягає в забезпеченні збереження в пам'яті системи використовуваних понять із курсу загальної астрономії, оскільки це результат самостійної пізнавальної діяльності студента.

Експериментальними курсовими роботами будуть:

- спостереження змінних зірок;
- спостереження метеорів та метеорних потоків;
- спостереження покриття Місяцем планет та зірок;
- фотографічне спостереження поверхні Місяця;
- визначення характеристик астрографа;
- спостереження сонячних плям.

Важливість навчально-методичних курсових робіт з астрономії для професійної підготовки майбутніх фахівців не потребує доведення. Ця робота передбачає достатньо глибоке знайомство студента з основами астрономії та сприяє формуванню уміння проводити дидактичну обробку теоретичного матеріалу з метою його застосування у шкільному курсі астрономії та

фізики.

Навчально-методичні роботи можна поділити на наступні групи:

- формування сучасної астрономічної картини світу у студентів вищих навчальних закладів та учнів середньої школи (квазари, фізично змінні зорі, еволюція зірок, еволюція Сонячної системи, космічні промені, супутники планет, обертання галактик, внутрішня будова планет-гігантів, магнітні поля в Галактиці, джерела енергії зірок, джерела сонячної активності, сонячні та місячні затемнення і таке інше);
- розробка проектів астрономічного кабінету (куточка у кабінеті фізики) в середній школі;
- міжпредметні зв'язки астрономії із фізикою, математикою, хімією, біологією, таке інше. Фізичні поняття та закони в курсі астрономії;
- розробка та виготовлення навчальних плакатів (нове у вивченні Сонячної системи, сонячні та місячні затемнення в цьому році і таке інше) та комп'ютерного забезпечення для курсу астрономії в школі та вузі.

Курсова робота, що приймається до захисту комісією, повинна складатися із:

- вступу;
- двох розділів, кожний з яких має власну назву і складається з окремих параграфів (можливе мотивоване поєднання двох розділів в один);
- висновків;
- списку використаної літератури;
- додатків.

Захист курсових робіт проходить в кабінеті астрономії, на якому окрім студентів, що виконали роботи, присутні викладачі астрономії та фізики, іноді запрошуються наукові співробітники астрономічної обсерваторії. Кожному доповідачеві відводять 10-15 хвилин для короткого висвітлення отриманих результатів, з наступними відповідями на запитання. Після закінчення виступів всіх студентів, комісія із викладачів оголошує оцінки, коротко характеризуючи виконану кожним студентом роботу.

Захист курсових робіт перед аудиторією дозволяє формувати

у студентів уміння чітко викладати свої думки, розвиває лекторську майстерність, що абсолютно необхідно майбутньому вчителю.

Курсові роботи є найскладнішою формою самостійної роботи студента, засобом комплексної перевірки його теоретичної та методичної підготовки, вміння працювати з науковою літературою.

Оцінювання курсової роботи проводиться у відповідності із добіркою конкретних критеріїв, що встановилися багаторічним досвідом роботи. Ці критерії обов'язково повідомляються студентам до початку роботи над курсовою:

- проведення якісно-широкого бібліографічного пошуку;
- створення логічно-структурної схеми викладення матеріалу (план роботи);
- добірка необхідної інформації по темі для реферативно-оглядової частини;
- аналіз світоглядного аспекту теми;
- чітке формулювання розв'язаних і нерозв'язаних проблем (наукових, технічних, педагогічних);
- глибина розуміння теоретичних основ розглядуваного питання;
- створення дидактичного матеріалу (таблиць, малюнків, графіків, таке інше);
- методика застосування результатів роботи в школі;
- взаємозв'язок з іншими темами та предметами в програмі середньої школи;
- вміння узагальнювати та формулювати чіткі висновки;
- якість оформлення роботи.

Вузлові моменти найкращих курсових робіт рекомендують для друкування в збірниках наукових студентських праць, а доповіді – для читання на наукових конференціях студентських товариств.

Докладний аналіз виконуваних на протязі більше десяти років курсових робіт з астрономії показує, що частина з них містить наступні недоліки:

1. Використання обмеженої кількості літературних

джерел.

2. Повна або часткова відсутність самостійності висновків, компілятивний характер робіт.
3. Недостатній рівень математичного апарату або немотивовані спрощення, як наслідок відсутності вмінь застосовувати математичні знання на практиці.
4. Недостатній рівень оволодіння астрономічними знаннями.

Особливо важливим, на нашу думку, є те, що виконуючи курсові роботи з астрономії, студенти не тільки покращують свою професійну підготовку, але і опановують методи сучасних наукових досліджень.

Моделювання майбутньої професійної діяльності учителя фізики в процесі виконання курсової роботи, потребує максимально активного, комплексного застосування студентами умінь, знань та навичок. В процесі виконання курсової роботи студент починає глибше розуміти зміст даної навчальної дисципліни, взаємозв'язок та взаємообумовленість світогляду, науково-теоретичний та практичний аспекти підготовки.

Висока дидактична ефективність курсових робіт, як однієї із форм контролю знань студентів, зумовлена, власне, можливостями інтегрального оцінювання ступеню професійної підготовленості майбутніх фахівців. Саме в цьому аспекті курсові роботи суттєво переважають інші форми контролю у вузі.

## ДИНАМИЧЕСКИЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ЯВЛЕНИЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА

А.С. Бойко, В.Н. Кадченко

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

При изучении явлений поляризации в кристаллооптике большинство студентов имеют затруднения в понимании механизма тех преобразований световых волн, которые происходят в кристаллах. Трудности возникают в основном из-за сложной пространственной картины взаимной ориентации плоскостей поляризации световых волн и кристаллооптических осей, которая к тому же изменяется со временем. Использование даже достаточно сложных и качественных рисунков не позволяет получить полное представление о протекающих волновых процессах и их динамике.

В реальном физическом эксперименте возможна и необходима демонстрация отдельных поляризационных эффектов, однако они несколько не проясняют механизма этих явлений и демонстрируют лишь некий конечный визуально воспринимаемый результат.

Использование компьютерной графики при изучении данного круга явлений может сыграть решающую роль в формировании динамичного пространственного представления о сути протекающих волновых процессов. Это изучение происходит продуктивнее, так как, благодаря наглядности и динамике протекания явлений, становится более интересным и увлекательным, формируя пространственное воображение, развивая абстрактное мышление, зрительную память.

Большинство существующих компьютерных программ по оптике носят демонстрационный характер и лишь заменяют реальный физический эксперимент.

Предлагаемая учебно-демонстрационная программа «Изучение явлений поляризации» охватывает широкий круг поляризационных эффектов и позволяет пояснить механизмы их возникновения:

- получение линейной, эллиптической и круговой поляри-

зации света;

- двойное лучепреломление света в анизотропных кристаллах;
- прохождение световой волны через систему поляризатор-анализатор;
- модель физической установки, демонстрирующей закон Малюса;
- интерференция линейно поляризованных волн;
- распространение линейно поляризованной световой волны в прозрачной однородной изотропной неактивной среде;
- распространение линейно поляризованной световой волны в оптически активной среде (вращение плоскости поляризации по Френелю);
- действие пластинок  $\lambda/2$  и  $\lambda/4$ .

Используя данную программу в ходе лекции или практического занятия, преподаватель имеет возможность:

- наблюдать изучаемый процесс, изменяя позицию наблюдателя;
- изменять ориентацию плоскостей поляризации;
- выделять цветом плоскости поляризации различных волн;
- вращать поляризатор и анализатор;
- непрерывно изменять разность фаз поляризованных волн;
- изменять скорость распространения волн;
- изменять цвет светового луча.

Работать с программой можно как непосредственно на лекции, обращаясь к ней в соответствующий момент, так и предложить ее для самостоятельного использования студентам вместе с текстом лекции.

В качестве иллюстрации программы можно предложить фрагмент темы «Закон Малюса».

Известно свойство поляризатора пропускать свет, если плоскость поляризации его совпадает с плоскостью поляризатора, и полностью задерживать, если эти плоскости перпендикулярны. Представляя естественный свет как совокупность хаотически ориентированных плоско поляризованных волн, видим, что по-



сле поляризатора выделяется одна плоскость-это плоскость, совпадающая с плоскостью поляризатора.

Вращение поляризатора не влияет на амплитуду выходящей волны, так как в падающем свете все ориентации плоскостей равноправны. При падении плоско поляризованной волны на анализатор свет проходит частично в соответствии с законом Малюса  $E_A = E_P \cos \varphi$  или  $I_A = I_P \cos^2 \varphi$ . Вращая анализатор, наблюдаем изменение амплитуды выходящей волны от максимальной  $E_A = E_P$  до нуля (рис. 1).

На модели физической установки, состоящей из поляризатора, анализатора и экрана, можно показать, как изменяется интенсивность света после прохождения через каждый прибор. Изменение цвета луча дополняет эстетическое впечатление от работы с программой (рис. 2).

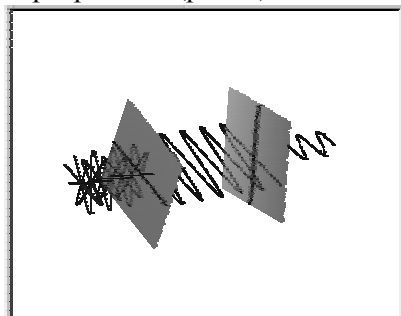


Рис. 1.

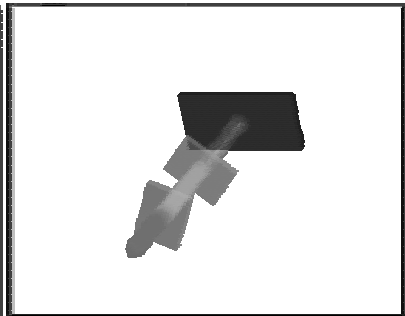


Рис. 2.

Достаточно сложной для изучения является тема «Интерференция поляризованного света». Для понимания этого явления необходимо одновременно учитывать взаимную ориентацию плоскостей поляризатора, анализатора, оптической оси кристалла и соотношение амплитуд и фаз обыкновенного и необыкновенного лучей, а также влияние каждого фактора в отдельности на наблюдаемую интенсивность и амплитуду волны.

При сложении двух плоских волн  $E_1 = E_{01} \cos \alpha$  и  $E_2 = E_{02} \cos(\alpha + \delta)$ , результирующая волна будет описываться уравнением  $E = E_{01} \cos \alpha + E_{02} \cos(\alpha + \delta)$ . Амплитуда результирующей волны определяется выражением

$$E = \sqrt{(E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01} E_{02} \cos \delta)},$$

а результирующая интенсивность

$$I \sim E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01} E_{02} \cos \delta$$

и изменяется от  $I_{\max} = E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01} E_{02}$  до  $I_{\min} = E_{01}^2 + E_{02}^2 - 2E_{01} E_{02}$  в зависимости от  $\delta$

Демонстрация этого явления в реальном физическом эксперименте, как правило, не проводится из-за отсутствия соответствующих кристаллов.

Разработанная программа моделирует преобразование световых волн при прохождении системы поляризатор – кристалл – анализатор и позволяет демонстрировать роль каждого в формировании результирующей световой волны (рис. 3).

Можно также выявить условия для наиболее контрастной интерференционной картины: взаимно перпендикулярные плоскости поляризатора и анализатора должны быть ориентированы симметрично относительно оптической оси кристалла. При изменении разности фаз обыкновенной и необыкновенной волн (меняя толщину кристалла) интенсивность света изменяется от минимальной ( $I = 0$  при  $E_o = E_e$  и  $\Delta\Phi = (2m+1)\pi$ ) до максимальной ( $I = 4I_o$  при  $E_o = E_e$  и  $\Delta\Phi = 2m\pi$ ).

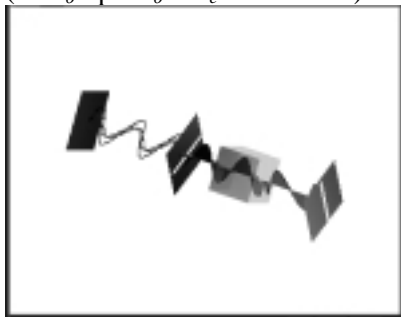


Рис. 3.

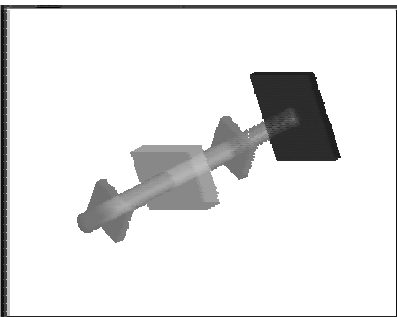


Рис. 4.

Компьютерная модель экспериментальной установки демонстрирует трансформацию светового пучка при прохождении через заданную оптическую систему и естественно завершает изучение вопроса (рис. 4).

Интерференционные полосы на экране можно получить, изменяя геометрию кристалла (рис. 5, 6).

Тема «Вращения плоскости поляризации». Явление вращения плоскости поляризации при прохождении света через оптически активную среду (кварц, раствор сахара) интерпретировано

Френелем с использованием представлений о разложении плоско поляризованной волны на две поляризованные по кругу влево и вправо. В неактивной среде такие волны распространяются с одинаковой скоростью и имеют одинаковую скорость вращения вектора напряженности поля световой волны.

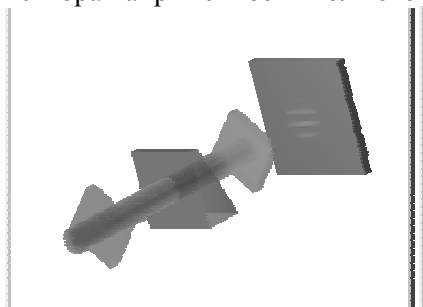


Рис. 5.

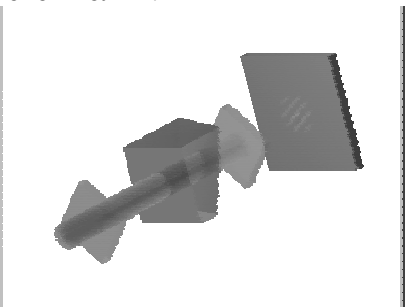


Рис. 6.

В оптически активных средах скорости вращения не совпадают, что приводит к изменению ориентации результирующего вектора при выходе из вещества

Попадая в неактивную среду скорости вращения становятся одинаковыми и новое положение вектора сохраняется – волна снова плоско поляризована. Очевидно, что угол поворота плоскости поляризации пропорционален пути, который проходит свет внутри активной среды ( $\varphi=al$ ), поэтому изменяя размер кристалла наблюдаем поворот плоскости поляризации на выходе. Произвольно меняя скорость вращения одной из волн (как бы условно меняя среду), имеем различные эффекты вращения для различных материалов (рис. 7).

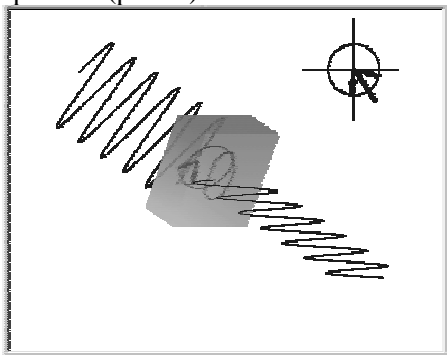


Рис. 7.

На специальной вставке (правый верхний угол) показано сложение волн, поляризованных по кругу.

В программе также представлены:

Получение эллиптически поляризованного света при прохождении световой волны произвольной (регулируемой) поляризации через пластину одноосного кристалла с регулируемой разностью фаз обыкновенного и необыкновенного лучей на выходе (оптическая ось лежит в плоскости пластины). Падающая на кристалл световая волна является линейно поляризованной. Результирующая волна на выходе является эллиптически поляризованной (в реализован процесс получения такого рода волн). На кристалле показаны две взаимно перпендикулярные оси, одна из которых является оптической осью (рис. 8).

Справа сверху – изменения  $E$  на выходе из кристалла (показано разложение вектора  $E$  на обыкновенную и необыкновенную составляющие).

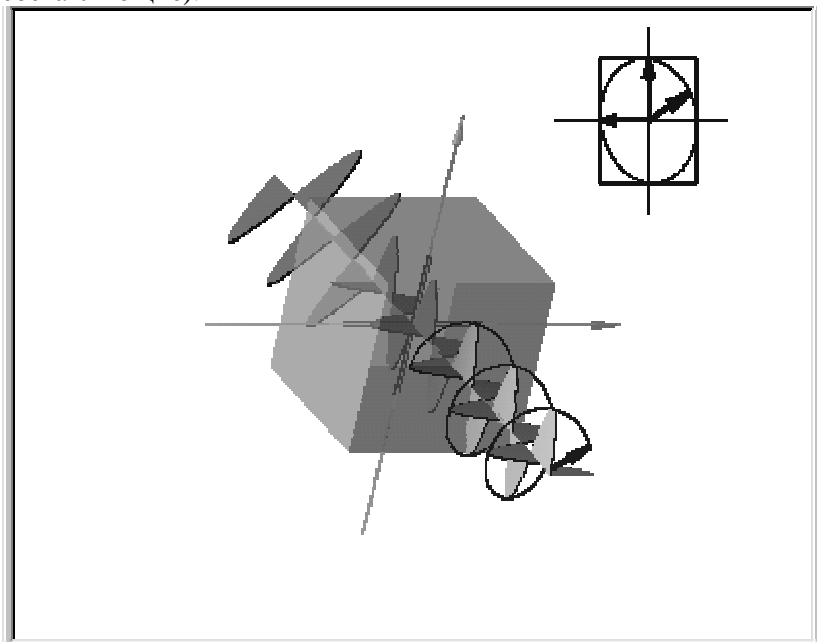


Рис. 8.

Изменение длины волны в оптически неактивной среде.  
Методы, использованные при разработке данной программы,

позволяют демонстрировать широкий круг физических явлений. В перспективе планируется разработать демонстрации механизма таких физических процессов:

- биение (сложение колебаний);
- получение волнового пакета и его перемещение в пространстве (формирование понятия групповой скорости волн);
- получение стоячей световой волны в оптическом резонаторе;
- получение периодического сигнала сложной формы;
- фотоупругий эффект;
- эффект Керра;
- различные варианты двойного лучепреломления;
- эффекты нелинейной оптики.

#### ***Характеристики программы***

Программа создана посредством кроссплатформенной графической библиотеки OpenGL на языке C++, с использованием объектно-ориентированного программирования. Она может выполняться на всех системах, где установлена эта библиотека (Windows, OS/2, MacOS, UNIX и др.), что существенно расширяет сферу ее применения. Программа может быть дополнена новыми возможностями в соответствии с пожеланиями пользователей. Возможности программы сочетаются с ее компактностью – все компоненты программы без применения программного сжатия занимают менее половины стандартной дискеты 3,5". Программа состоит всего из одного файла M.exe.

## КОМП'ЮТЕРНІ МОДЕЛІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПЕКТРУ ЕЛЕКТРОНА

В.І. Бойчук, В.Г. Григорович, Р.І. Лукін  
м. Дрогобич, Дрогобицький державний педагогічний університет  
імені Івана Франка, Інститут фізики і математики

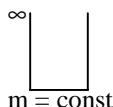
Серед навчальних програм особливе місце займають моделюючі, це неодноразово висвітлювалось у літературі, зокрема у [2, 3].

Цінність комп'ютерних моделей особливо велика при вивченні або дослідженні таких явищ, інформацію про які не можна отримати безпосередніми спостереженнями.

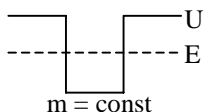
До таких явищ належать: релятивістська механіка, рух у сильних гравітаційних полях (поблизу чорних дір), квантово-механічні явища тощо.

Створена система реалізує комп'ютерні моделі для знаходження енергетичного спектру і хвильових функцій електрона:

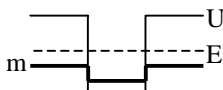
1. В прямокутній потенціальній ямі нескінченної глибини.



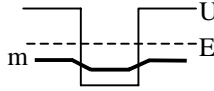
2. В прямокутній потенціальній ямі скінченної глибини при сталій ефективній масі.



3. В прямокутній потенціальній ямі скінченної глибини для випадку, коли маса електрона – кусково-стала, змінюється стрибком на границях ями.



4. В прямокутній потенціальній ямі скінченної глибини (маса електрона функціонально залежить від відстані до границі ями).



Вказані комп'ютерні моделі базуються на відомих розв'язках задачі Штурма-Ліувілля для стаціонарного рівняння Шредінгера:

Перша модель:

$$\psi''(x) + \frac{2m}{\hbar^2} E \psi(x) = 0, \quad \psi(0) = 0, \quad \psi(a) = 0$$

$$\psi = e^{kx} \quad \psi'' = k^2 e^{kx} \quad k^2 = -\frac{2m}{\hbar^2} E \quad k = \pm i \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E}$$

$$\psi(x) \cong e^{\pm i \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E} x}$$

$$\psi(x) = C_1 e^{-i \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E} x} + C_2 e^{i \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E} x}$$

$$e^{iy} = \cos y + i \sin y$$

$$\begin{aligned} \psi(x) = C_1 & \left( \cos \left( -\sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E} x \right) - i \sin \left( \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E} x \right) \right) + \\ & + C_2 \left( \cos \left( \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E} x \right) + i \sin \left( \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E} x \right) \right). \end{aligned}$$

$\psi(0)$  шукаємо розв'язок у вигляді суперпозиції синусів.

$$\psi(x) = C \sin \left( \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E} x \right)$$

$$\psi(a) = 0 \Rightarrow \sin \left( \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E} a \right) = 0 \Rightarrow \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} E} a = \pi n; \quad \frac{2m}{\hbar^2} E = \frac{\pi^2 n^2}{a^2}$$

$$E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2 n^2}{2ma^2} \text{ - спектр}$$





$$\frac{\psi'_2}{\psi_2} = \frac{\psi'_3}{\psi_3} \Rightarrow -\sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}(U_0 - E)} = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}E} \cdot \text{ctg} \left( \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}E} \cdot a + \delta \right),$$

ВИХОДЯЧИ З ТОГО, ЩО  $\text{ctg} \delta = \sqrt{\frac{1 - \sin^2 \delta}{\sin^2 \delta}} \Rightarrow$

$$\sin(ka + \delta) = -\frac{k\hbar}{\sqrt{2mU_0}}.$$

ТАКИМ ЧИНОМ  $\sin(ka + \delta) = -\sin \delta \Rightarrow$

$$\Rightarrow ka = \pi n - 2 \cdot \arcsin \frac{k\hbar}{\sqrt{2mU_0}}, \text{ де } n=1, 2, 3, \dots$$

$$\arcsin \frac{\hbar k}{\sqrt{2mU_0}} = \frac{\pi n}{2} - \frac{ka}{2} \text{ позначимо } \xi = \frac{ka}{2}, \gamma = \frac{\hbar}{a} \sqrt{\frac{2}{mU_0}}$$

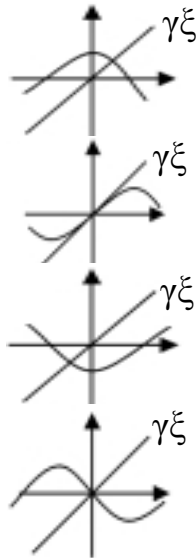
$$\text{отримаємо } \gamma \xi = \sin \left( \frac{\pi n}{2} - \xi \right)$$

$$n=1 \quad \sin \left( \frac{\pi}{2} - \xi \right) = \cos \xi$$

$$n=2 \quad \sin(\pi - \xi) = \sin \xi$$

$$n=3 \quad \sin \left( \frac{3\pi}{2} - \xi \right) = -\cos \xi$$

$$n=4 \quad \sin(-\xi) = -\sin \xi$$



Третя модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi_{1,3}''(x) + \frac{2m_1}{\hbar^2} (E - U_0) \psi_{1,3}(x) = 0, \quad x \leq 0 \\ \psi_{2}''(x) + \frac{2m_2}{\hbar^2} E \psi_2(x) = 0, \quad 0 \leq x \leq a \\ \psi_1|_{x \rightarrow -\infty} \rightarrow 0 \quad \psi_3|_{x \rightarrow \infty} \rightarrow 0 \\ \psi_1(0) = \psi_2(0), \quad \psi_1'(0) = \psi_2'(0) \\ \psi_2(a) = \psi_3(a), \quad \psi_2'(a) = \psi_3'(a) \end{array} \right. ,$$

$$\psi = e^{kx}, \quad k^2 = \frac{2m_1}{\hbar^2} (U_0 - E) > 0, \quad k = \pm \sqrt{\frac{2m_1}{\hbar^2} (U_0 - E)}$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{2m_2}{\hbar^2} E} ,$$

$$x \rightarrow \pm\infty \Rightarrow \psi_1(x) = C_1 e^{kx}; \quad \psi_3(x) = C_3 e^{-kx}; \quad \psi_2(x) = C_2 \sin(k_1 x + \delta).$$

Аналогічно до розв'язку у попередній моделі в першому випадку (при  $x=0$ ) отримаємо:

$$\operatorname{ctg} \delta = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \sqrt{\frac{1 - \frac{k_1^2 \hbar^2}{2m_2 U_0}}{\frac{k_1^2 \hbar^2}{2m_2 U_0}}} \Rightarrow \sin \delta = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \sqrt{\frac{E}{U_0}} .$$

А в другому випадку (при  $x=a$ ) –

$$\sin(k_1 a + \delta) = -\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \sqrt{\frac{E}{U_0}} .$$

Таким чином знову приходимо до виразу  $\sin(k_1 a + \delta) = -\sin \delta$ .

Програма дозволяє для кожної моделі міняти відповідні параметри (для всіх випадків: ширину ями та її висоту, а у випадку змінної маси – конкретні параметри функціональної залежності маси від координати).

На головній формі (рис. 1) існують поля, в яких вводяться значення глибини, ширини потенціальної ями та маси електрона в потенціальній ямі. Результат (значення енергії – енергетичні рівні) виводяться в окреме поле у вигляді стовпчика. Всі обчислення ведуться у двох стандартах СІ (Дж, м, кг) та СГСЕ (еВ, Å, а.о.м.) відповідно. Вибір стандарту обчислень відбувається за допомогою перемикача.

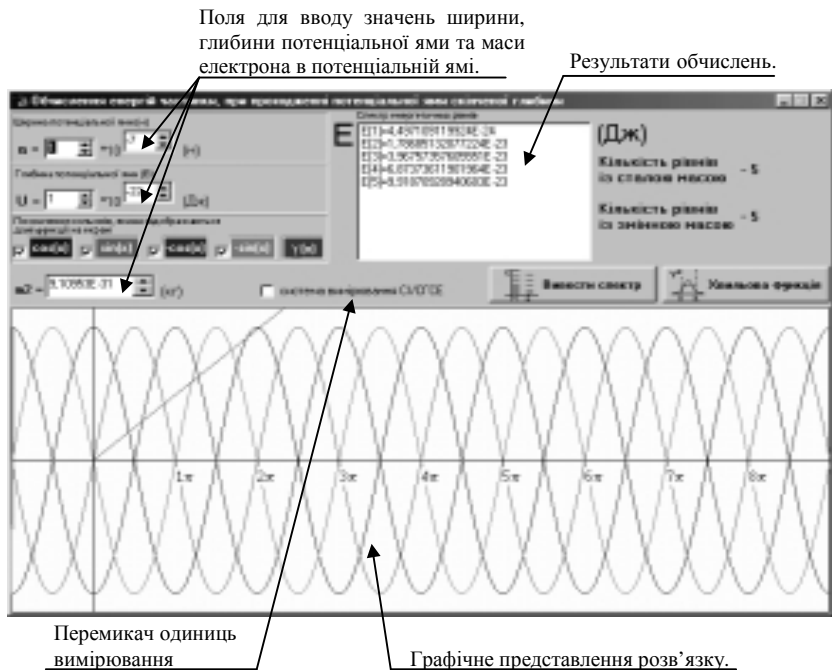


Рис. 1

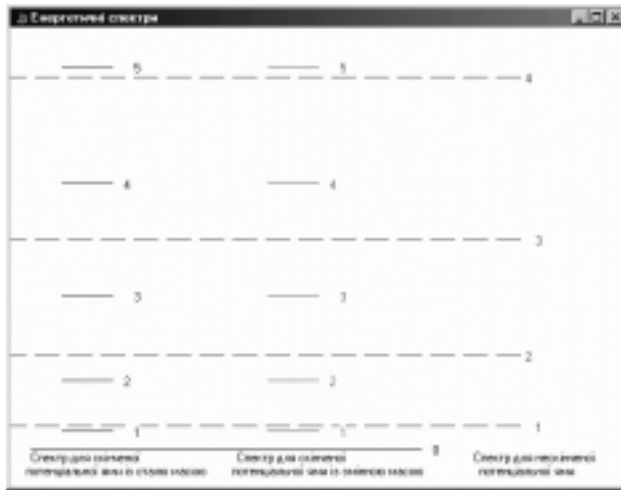


Рис. 2.

На головній формі з правого боку розташовані зв'язуючі кнопки “Вивести спектр” та “Хвильова функція”. При натисканні першої з’являється вікно “Енергетичні спектри” (рис. 2), на якому відображаються перші (не більше 10) енергетичні рівні у порівнянні для трьох випадків. При натисканні другої – з’являється вікно (рис. 3), на якому представлені графіки квадратів хвильових функцій для трьох випадків по всій ширині ями та за її межами.

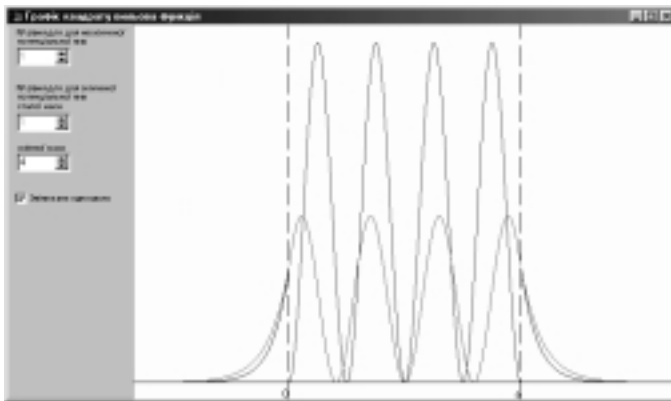


Рис. 3.

У цьому вікні зліва від малюнка розташована панель управління, на якій містяться елементи, що змінюють номери енергетичних рівнів, а відповідно і номери хвильових функцій.

Дану моделюючу програму доцільно використовувати на заняттях з теоретичної фізики у навчальних закладах III–VI рівня акредитації. Вона дає змогу спростити розуміння явища проходження електрона крізь прямокутну потенціальну яму, та більш наглядно (у порівнянні для різних випадків) будувати графіки квадратів хвильових функцій.

Програма складена в середовищі Borland Delphi 4 на комп'ютері типу Celeron 400MHz, RAM 32Mb.

#### Література:

1. Тейксейра С., Пачеко К. Delphi 4. Руководство разработчика. – К., 1999.
2. Горбач В.Н., Сало А.Я. Моделирование магнитных полей соленоидальных магнитных систем // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Збірник наукових праць. Том 2. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2001. – С. 90-94.
3. Григорович А.Г., Григорович В.Г., Лукін Р.І., Сосяк Р.М. З досвіду розробки та впровадження моделюючих навчальних програм у шкільний курс фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Збірник наукових праць. Том 2. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2001. – С. 98-103.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика (не релятивистская теория). – М.: Физматгиз, 1963.

# ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ВИВЧЕННЯ МАГНІТНИХ ЯВИЩ У ВОСЬМИХ КЛАСАХ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОГО ПРОФІЛЮ

В.І. Бурак

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Згідно навчальної програми магнітні (електромагнітні) явища у восьми класах фізико-математичного профілю вивчають у наступному порядку.

1. Магнітне поле струму.
2. Електромагніти. Електромагнітне реле.
3. Постійні магніти.
4. Магнітне поле Землі.
5. Дія магнітного поля на провідник зі струмом.
6. Електровимірювальні прилади.
7. Електродвигун постійного струму.

Такий самий порядок вивчення магнітних (електромагнітних) явищ характерний і для шкільних підручників фізики.

*Основна проблема* даного підходу стосується *введення поняття магнітного поля*. На основі фундаментального досліду Ерстеда демонструють магнітну дію електричного струму і вводять поняття магнітного поля, як такого, що існує навколо провідників зі струмом, а значить, навколо рухомих електричних зарядів. Тобто зразу вводять достатньо складне для восьмикласників загальне поняття магнітного поля. При цьому не враховується, що магнітна взаємодія у свідомості учнів асоціюється спочатку не зі струмом, а через взаємодію постійних магнітів, яка за навчальною програмою вивчається в другу чергу. Причому природа магнітного поля постійних магнітів не розглядається взагалі. Учні повинні, по суті справи, повірити на слово, що поле навколо провідника зі струмом такої ж природи, як і навколо постійних магнітів. Єдина природа магнітного поля електричного струму і магнітного поля постійних магнітів при такому підході обґрунтовується недостатньо, що не забезпечує повноцінного усвідомлення учнями поняття магнітного поля.

*Друга проблема* пов'язана з недостатністю доказовості при вивченні дії магнітного поля на провідник та рамку зі струмом і

принципу дії електровимірювальних приладів та двигуна постійного струму. Це приводить до поверхового ознайомлення учнів з принципом дії електровимірювальних приладів та електродвигуна постійного струму і недостатнім розумінням фізичної суті розглянутих питань.

*Третя проблема* стосується теми «Магнітні властивості речовини», яка не включена в стандартні програми. Доцільність її вивчення пов'язана з наступними причинами. *По-перше*, один із основних принципів при вивченні фізики у восьмому класі полягає в забезпеченні повноти знань. Відсутність відомостей про магнітні властивості речовини не дозволяє забезпечити повноту знань про магнітні явища. *По-друге*, виходячи із загальнодидактичних принципів вивчення фізики, необхідно забезпечити єдність підходів при вивченні електричних і магнітних явищ. В темі «Електричні явища» не тільки вивчають поняття електричного поля, але й розглядають електричні властивості речовини. Для забезпечення єдності підходів в темі «Магнітні явища» логічно не тільки вивчити поняття магнітного поля, але й розглянути магнітні властивості речовини. *По-третє*, у восьмому класі на якісному рівні необхідно сформулювати в учнів основні уявлення про будову речовини. Без вивчення магнітних властивостей речовини ця задача буде реалізована не повністю.

В Жовтневому та Саксаганському ліцеях міста Кривого Рогу автором перевірена на практиці доцільність вивчення дуже важливого й досить складного поняття магнітного поля, виходячи із наступних принципів: 1) врахування вікових особливостей сприйняття і усвідомлення нового матеріалу восьмикласниками; 2) використання в основному індукції, як методу наукового пізнання, коли учні від простих дослідів та понять поступово переходять до узагальнень і свідомо крок за кроком відкривають для себе нові явища; 3) переорієнтація змісту, форм і методів навчання на розвиток учнів; 4) застосування проблемного та розвиваючого навчання.

Практика підтвердила ефективність наступного порядку вивчення матеріалу.

### **1. Взаємодія магнітів та їх магнітне поле**

Враховуємо, що у свідомості учнів магнітні явища спочатку асоціюються з магнітами, і вивчаємо магнітне поле постійних магнітів: природні і штучні магніти; магнітні полюси; взаємодія

магнітів; орієнтуюча дія магнітного поля на магнітну стрілку; лінії магнітного поля постійних магнітів.

## **2. Магнітна дія електричного струму**

Тепер на основі досліду Ерстеда вивчаємо більш складне для розуміння магнітне поле провідника зі струмом. Аналіз досліду Йоффе дозволяє підтвердити основний висновок, що магнітне поле виникає саме навколо рухомих електричних зарядів.

В розділі 3 поглиблюємо знання учнів про магнітне поле провідників зі струмом.

## **3. Лінії магнітного поля навколо провідників зі струмом**

**3.1. Магнітне поле прямого провідника зі струмом:** правила свердлика і правої руки.

**3.2. Магнітне поле кільця зі струмом:** зворотні правила правої руки і свердлика.

**3.3. Магнітне поле соленоїда:** магнітні полюси соленоїда, аналогія магнітного поля соленоїда і штабового магніту; замкнутість ліній магнітного поля.

Ми перевірили *два* основних *варіанти* подальшого вивчення магнітних явищ і магнітного поля. Для *першого варіанту* характерний наступний порядок розгляду навчального матеріалу.

4. Природа магнітного поля постійних магнітів. Гіпотеза Ампера.

5. Магнітне поле (узагальнення розділів 1–4): джерела та способи виявлення магнітного поля; означення магнітного поля; порівняння з електричним полем.

6. Магнітне поле Землі.

7. Сила Ампера та її використання.

8. Магнітні властивості речовини.

В цьому випадку гіпотеза Ампера про елементарні колові струми розглядається як логічне продовження детального вивчення картини ліній магнітного поля, особливо кільця зі струмом і соленоїда, що дозволяє учням зрозуміти природу магнітного поля постійних магнітів. Такий порядок розгляду навчального матеріалу дозволяє успішно узагальнити здобуті знання, усвідомити поняття магнітного поля як форми матерії, завдяки якій здійснюється магнітна взаємодія, побачити спільну природу трьох джерел магнітного поля (магнітне поле існує навколо рухомих електричних зарядів, в тому числі навколо провідників зі струмом і постійних магнітів) та переконатись, що лінії магнітного поля завжди замкнуті, а магнітних зарядів не існує.

Позитивним моментом цього варіанту є також можливість



використання узагальнених уявлень про магнітне поле при подальшому вивченні програмного матеріалу за пунктами 6–8. Негативним є те, що без знань про дію магнітного поля на провідники зі струмом і на рухомі електричні заряди узагальнення уявлень про магнітне поле і його порівняння з електричним полем не є достатньо повним.

Цих недоліків позбавлений *другий варіант* з наступним порядком розгляду навчального матеріалу.

**4. Магнітне поле Землі:** картина магнітного поля Землі; магнітні аномалії; магнітні бурі; природа магнітного поля Землі.

**5. Сила Ампера та її використання.**

**5.1. Сила Ампера і правило лівої руки.**

**5.2. Механізм дії магнітного поля на рамку зі струмом**

**5.3. Принцип дії і будова електровимірювальних приладів.**

**5.4. Принцип дії і будова двигуна постійного струму.**

**5.5. Взаємодія провідників зі струмом.**

**6. Магнітні властивості речовини.**

**6.1. Гіпотеза Ампера.**

**6.2. Три основних типи магнетиків.**

**6.3. Природа діа-, пара- та ферромагнетиків.**

**6.4. Особливості намагнічування магнетиків.**

**7. Електромагніти та їх використання.**

**8. Магнітне поле**

В другому варіанті розділ «Магнітне поле» розглядаємо у формі узагальнюючого повторення і систематизації знань з магнітних явищ. Це дозволяє повноцінно порівняти і побачити спільну природу не тільки трьох джерел магнітного поля, але й різних способів виявлення магнітного поля. Більш повним стає і порівняння електричного та магнітного полів. Узагальнений висновок може бути наступним.

*Магнітне поле* – це форма матерії, завдяки якій здійснюється магнітна взаємодія. Магнітне поле існує навколо *рухомих електричних зарядів*, в тому числі навколо провідників зі струмом і постійних магнітів; магнітне поле виявляють за його дією на рухомі електричні заряди, в тому числі на провідники зі струмом і постійні магніти. Лінії магнітного поля завжди замкнуті. Магнітних зарядів не існує.

Для вирішення *другої проблеми* необхідно на якісному рівні вивчити силу Ампера та правило лівої руки і механізм дії магнітного поля на рамку зі струмом. Після цього принцип дії

електровимірювальних приладів та двигуна постійного струму вивчаємо з використанням дедукції, як наукового методу пізнання. Важливе значення має вивчення на якісному рівні механізму взаємодії провідників зі струмом і використання даного матеріалу при введенні одиниці вимірювання сили струму 1А.

Методика вивчення теми «**Магнітні властивості речовини**» (*третья проблема*) полягає в наступному.

Наявність трьох основних типів магнетиків доводимо дослідним шляхом: феромагнетики легко намагнічуються і сильно втягуються в магнітне поле; парамагнетики слабо намагнічуються і слабо втягуються в магнітне поле; діамагнетики дуже слабо намагнічуються і дуже слабо виштовхуються з поля.

Виходячи з гіпотези Ампера та знань учнів про будову атома розглядаємо на якісному рівні природу магнетиків і приходимо до наступних висновків. Діамагнетики – це речовини, в яких результуюче магнітне поле кожного атома (молекули) рівне нулю; діамагнетики не створюють власного магнітного поля. Парамагнетики – це речовини, кожен атом (молекула) яких створюють свої магнітні поля; ці поля слабо взаємодіють між собою і орієнтуються хаотично внаслідок теплового руху атомів; результуюче магнітне поле парамагнетика дорівнює нулю. Феромагнетики – це речовини, атоми яких створюють магнітні поля, які сильно взаємодіють між собою і вилаштовуються в одному напрямі в межах доменів. Наводимо приклади діа-, пара- і феромагнетиків.

Особливості намагнічування магнетиків вивчаємо, виходячи з їхньої природи та поведінки в магнітному полі. *Діамагнетик* дуже слабо виштовхується з магнітного поля, а значить, дуже слабо намагнічується в напрямі, протилежному до напрямку зовнішнього магнітного поля. Пояснювати механізм такого намагнічування у восьмому класі недоцільно, оскільки для цього потрібні більш глибокі уявлення про будову діамагнетиків. *Парамагнетик* слабо втягується в магнітне поле, а значить, слабо намагнічується в напрямі магнітного поля, що пов'язано з орієнтацією магнітних полів окремих атомів (молекул) парамагнетика вздовж ліній зовнішнього магнітного поля. Якщо діа- чи парамагнетик винести з магнітного поля, то вони повністю розмагнічуються, тому їх умовно вважають «немагнітними» речо-

винами.

*Феромагнетики* легко намагнічуються і сильно втягуються в зовнішнє магнітне поле, а значить магнітні поля доменів легко орієнтуються вздовж ліній зовнішнього магнітного поля. Зі збільшенням зовнішнього магнітного поля феромагнетик спочатку різко намагнічується, потім ріст намагнічування сповільнюється і зрештою феромагнетик стає повністю намагніченим, тобто насичується. Насиченню феромагнетика відповідає орієнтація всіх доменів вздовж ліній зовнішнього магнітного поля. Феромагнетик у магнітному полі сам стає магнітом і створює власне магнітне поле, яке може в сотні і тисячі разів перевищувати зовнішнє. На дослідах переконаємось в існуванні магнітом'яких та магнітотвердих феромагнетиків і наводимо приклади їх використання.

Тему «Електромагніти» доцільно вивчати як практичне застосування отриманих знань про феромагнетики з використанням дедукції, як методу наукового пізнання. Учні самі можуть зробити висновок, який матеріал сердечника необхідно застосувати і запропонувати деякі приклади використання електромагнітів на практиці та пояснити принцип роботи електромагнітних кранів, реле, простого телеграфу, електродзвінків, джерел магнітного поля, магнітних сепараторів, тощо. Демонструємо практичне використання електромагнітів.

Формування практичних умінь та навичок учнів посилюємо виконанням трьох лабораторних робіт з додатковими і творчими завданнями. Л.р.№1. «Вивчення дії магнітного поля на прямий провідник зі струмом». Л.р.№2. «Вивчення будови і роботи електродвигуна постійного струму». Л.р.№3. «Складання електромагніта і випробування його дії».

Таким чином, на практиці перевірено ефективність двох варіантів вивчення магнітних явищ. Встановлено, що більш глибоке розуміння учнями магнітних явищ і магнітного поля та кращі навчальні результати відповідають варіантові, зміст якого виділено в тексті жирним шрифтом. Крім того, порівняння електричного і магнітного полів у цьому випадку більш повне і розглядається безпосередньо перед вивченням теми «Явище електромагнітної індукції».

## ЗЛИТТЯ ТА РОЗПАД КРАПЕЛЬ

Б.М. Валійов<sup>1</sup>, В.С. Волкодав<sup>2</sup>, В.Д. Єгоренков<sup>1</sup>  
м. Харків, Харківський національний університет  
ім. В.Н. Каразіна

м. Харків, Харківський національний автомобільно-дорожній  
технічний університет

Ми бачимо краплі усюди. Здебільшого це – краплі води. Але коли розіб'ється люмінесцентна лампа або термометр, то серед уламків скла можна знайти маленьку крапельку ртуті. Якщо ви з'єднаєте два дроти за допомогою паяння, то часто можна побачити краплі розплавленого припою. Вони бувають великі та маленькі. Підчас дощу краплі води також можуть мати різні розміри. Властивості дуже маленьких крапель можуть значно відрізнитись від властивостей великих. В цьому повідомленні ми наведемо розв'язок задачі, пов'язаної із злиттям крапель, а також обговоримо демонстраційні експерименти Плато та Релея з краплями, та Бойса з мильними пухирями. Окрім трактування дослідів з власне краплями, ці міркування та спостереження є також важливими для формування уявлень про розпад та синтез атомних ядер (краплинна модель ядра) [1].

Злиття крапель (теорія). З краплями розплавлених металів нелегко робити якісь експерименти. Тому популярним об'єктом досліджень були краплі ртуті або аніліну. Коли маленькі крапельки ртуті торкаються одна одної, вони зливаються у одну краплю більшого розміру. Напроти, великі краплі ртуті не проявляють схильності до злиття: утворена велика крапля пульсує і розпадається на фрагменти меншого розміру. Оцінімо радіус кількох однакових сферичних крапель, коли вони з готовністю зливаються у одну краплю більшого розміру. Густина ртуті складає  $\rho=13,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, а її коефіцієнт поверхневого натягу  $\sigma=0,46$  Дж/м<sup>2</sup>.

Рідкі краплі мають потенціальну енергію в полі тяжіння та потенціальну енергію поверхневого шару. Положення стійкої рівноваги відповідає мінімуму повної потенціальної енергії. При збільшенні діаметру краплі її об'єм зростає як куб діаметру, тоді як площа поверхні зростає як квадрат діаметру. Для маленьких

крапель рідини поверхневі ефекти відіграють головну роль. Як наслідок, форма поверхні маленьких крапель близька до сферичної. Для великих крапель домінує ефект об'єму, і краплі сплюснюються під дією тяжіння.

Таким чином, коли крапельки зливаються у одну велику краплю, площа поверхні краплі, а значить її поверхнева енергія зменшується, а висота центру тяжіння рідини та потенціальна енергія у полі тяжіння збільшуються. Енергія, вивільнена в результаті злиття, перетворюється у кінетичну енергію, краплі пульсують, формуються містки, і зрештою краплі розпадаються на фрагменти. Потім вони під дією тертя приходять у стан спокою. Для простоти ми будемо вважати, що всі краплі мають сферичну форму. Краплі, що зливаються, однакові і мають радіус  $r$ , а результуюча крапля має радіус  $R$ . Злиття не змінює об'єм рідини. Тому при злитті набору  $n$  однакових крапельок у одну ми маємо

$$n \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi R^3.$$

Збереження об'єму надає співвідношення між радіусами:

$$R = r(n)^{1/3}. \quad (1)$$

Гравітаційні потенціальні енергії початкового набору крапельок та результуючої краплі, дорівнюють, відповідно,

$$W_{n_1}^G = mgh_1 n = \frac{4}{3} \pi r^4 \rho g n, \quad (2)$$

$$W_{n_2}^G = Mgh_2 n = \frac{4}{3} \pi R^4 \rho g = \frac{4}{3} \pi r^4 \rho g n^{4/3}. \quad (3)$$

Зміна гравітаційної потенціальної енергії в результаті злиття буде дорівнювати:

$$\Delta W_n^G = W_{n_2}^G - W_{n_1}^G = \frac{4}{3} \pi r^4 \rho g (n^{4/3}), \quad (4)$$

$$\Delta W_n^G = W_{n_2}^G - W_{n_1}^G = \frac{4}{3} \pi r^4 \rho g (n^{4/3} - n) = \frac{4}{3} \pi r^4 \rho g n (n^{1/3} - 1).$$

Поверхневі потенціальні енергії початкового набору крапель та результуючої краплі складуть, відповідно,

$$W_{n_1}^S = \sigma n S_1 = 4 \pi r^2 \sigma n, \quad (5)$$

$$W_{n_2}^S = \sigma S_2 = 4\pi R^2 \sigma = 4\pi r^2 \sigma n^{2/3}. \quad (6)$$

Зміна поверхневої потенціальної енергії в результаті злиття надається формулою:

$$\Delta W_n^S = W_{n_2}^S - W_{n_1}^S = 4\pi r^2 \sigma (n^{2/3} - n) = 4\pi r^2 \sigma n (n^{-1/3} - 1). \quad (7)$$

Ми будемо вважати, що результуюча крапля є все ще стійкою, якщо  $\Delta W_n^G = |\Delta W_n^S|$  або

$$\frac{4}{3} \pi r^4 \rho g n (n^{1/3} - 1) = |4\pi r^2 \sigma n (n^{-1/3} - 1)|.$$

З цього виразу ми знайдемо наступну оцінку

$$r = \sqrt{\frac{3\sigma}{\rho g} \left[ \frac{1 - n^{-1/3}}{n^{1/3} - 1} \right]} = \sqrt{\frac{3\sigma}{\rho g n^{1/3}}}. \quad (8)$$

Якщо зливаються дві краплі ( $n=2$ ), то оцінка (8) дає величину радіусу  $r=2.9 \cdot 10^{-3}$  м=2.9 мм. Таким чином, для легкого злиття двох крапельок їх радіуси повинні задовольняти нерівності  $r \ll 2.9$  мм.

#### Злиття крапель (експеримент).

а) Вільне злиття крапель. Найзручніше скористатись постановкою відомого експерименту Ж.А.Ф. Плато [2, 3]. У прозору посудину з підсоленою водою за допомогою скляної трубки вводимо краплю аніліну. Внаслідок наявності градієнту концентрації солі у воді ця крапля знаходиться в умовах невагомості і набуває сферичної форми. Якщо додавати потроху анілін, то можна спостерігати активне злиття маленьких крапель і зрештою отримати величезну (з точки зору звичайного досвіду) краплю, яка коливається у своєму положенні стійкої рівноваги, причому її форма теж коливається, відхиляючись від сферичної. Оскільки тут сила тяжіння скомпенсована силою Архімеда, все визначається лише поверхневою енергією (поверхневим натягом). Якщо зруйнувати велику краплю, розділивши її на менші, то через певний час вони знов зіллються в одну велику краплю.

б) Вимушене злиття крапель. Експеримент Релея [4]. Докладний опис експериментальної установки та результатів досліджень за її допомогою можна знайти у книзі [5], а кінограму експерименту та обчислення – в книзі [6]. Тут ми наведемо опис демонстраційного експерименту Релея у спрощеній

постановці, яка дозволяє показати злиття крапель під дією електростатичного поля з мінімальним набором обладнання. Воно складається з посудини з водою (можна використати пластикову пляшку ємністю 1–1,5 л), трубки довжиною приблизно 1 м, що з'єднує пляшку з піпеткою та затискача для регулювання швидкості струменя. Пляшку з водою укріплюють у перевернутому стані на звичайному штативі висотою приблизно 1 м. На тому ж штативі нижче укріплюють кульовий шарнір (можна використати готовий шарнір для фотоапарата), який тримає піпетку. Для збору води тут використовується металевий піддон. Якщо струмінь води направити суворо вертикально, то можна побачити красиву гру цього імпровізованого фонтану. Висота фонтану зменшується, оскільки на кінці струменя утворюється велика крапля, яка навантажує струмінь і осідає разом з ним, а потім стікає вздовж нього. Після стікання великої краплі внаслідок розвантаження струмінь знов набуває певної висоти і процес повторюється. Суворо вертикальна установка якраз відповідає появі вказаної картини поведінки струменя. Невелике відхилення струменя від вертикального положення призводить до якісно іншої поведінки. Фонтан зберігає певну постійну висоту протягом всього часу спостереження і не грає. Тепер можна викликати зміну поведінки струменя за допомогою пластини з органічного скла, що заздалегідь була наелектризована натиранням шерстю. Якщо підносити помірно наелектризовану пластину у горизонтальному положенні зверху до вершини струменя, то це спричиняє два різні типи поведінки. Один з них спостерігається, якщо до вершини піднести середину пластини. Тоді сильне електростатичне поле, що створюється в цьому випадку пластиною, буде сприяти утворенню мілких крапель, і струмінь буде розсипатись дрібним дощиком, що має форму парасольки. Другого можна досягти, якщо піднести до вершини фонтану будь-який край пластини. Тоді слабе електростатичне поле краю пластини сприятиме злиттю крапель у велику краплю і встановленню режиму поведінки, який ми спостерігали у відсутності електричного поля при суворо вертикальному струмені. Але це вимушене осідання буде набагато більш регулярним, тоді як перше було цілком випадковим. Успіх експерименту залежить від рівня наелектризованості пластини.

Саме по собі вимушене злиття крапель води спостерігати важко. Але можна зробити спостереження злиття не крапель води, а мильних пухирів [7]. Для цього треба приготувати два мильних пухирі на підставках, які можуть вільно повертатись, причому відстань між сусідніми поверхнями пухирів має бути дуже малою (1–2 мм). (Можна скористатись тими підставками, які є у наборах для створення мильних пухирів, що знаходяться у продажу.) Тоді достатньо піднести наелектризовану пластину до пухирів, розташованих один за другим, щоб вони злились. Звичайно, це відбувається внаслідок того, що поле пластини індукує в пухирях електростатичні заряди, так що на малій відстані між пухирями опиняються заряди протилежних знаків, які саме сприяють злиттю пухирів. Сильно неоднорідне поле наелектризованої палички менш придатне для показу злиття.

#### Література

1. N. Bohr and J. A. Wheeler. Phys. Rev. 56 (1939) 426.
2. Лекционные демонстрации по физике. / Под ред. В.И. Ивероновой. – М., Наука, 1972. – С. 258.
3. Валиев Б.М., Егоренков В.Д., Синовозова В.С. Лекционная демонстрация по физике «Динамика капли». // Научно-методична конференція “Харківська вища школа: методичні пошуки на рубежі століть” 22 лютого 2001. – Матеріали конференції. – С. 26.
4. J. Rayleigh. Proc. Roy. Soc., V. 28. 1879, p. 406.
5. Френкель Я.И. На заре новой физики. Сборник избранных научно-популярных работ. – Л.: Наука, 1970. – С. 238.
6. Гегузин Я.Е. Капля. 2-е дополненное издание. – М.: Наука, 1977. – С. 94.
7. Бойс Ч.В. Мыльные пузыри. – М.: Детгиз, 1936.



## СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ УЕДИНЕННЫХ ВОЛН

К.Ю. Васильев, А.В. Кривилёв, Ю.В. Максименко,  
О.А. Смирных  
г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный  
университет

Для настоящего времени характерно бурное развитие средств связи и телекоммуникаций, широкое внедрение на их основе новых информационных технологий. Успехи этих отраслей могут являться основой для изучения физики, математики, информатики. Например, изучение и использование свойств уединенных волн (солитонов) [1] требует усилий всех этих специалистов и является цементирующим звеном при разработке методов преподавания.

Знакомство студентов с математическими моделями нелинейных волновых уравнений, постановкой задач анализа их решений вызывает интерес к изучению физических явлений, к освоению математических методов решения модельных задач, знакомству с современными пакетами прикладных программ (ППП).

Уединенные волны существуют в нелинейных средах. Это связано, кроме нелинейности, также с наличием определенного типа дисперсии. Среда должна быть недиспергирующей вблизи нулевой частоты для данного типа нормальных волн.

Одним из наиболее интересных нелинейных волновых уравнений является уравнение Кортевега-де Вриза (КДВ)

$$\frac{\partial Y}{\partial t} + \alpha Y \frac{\partial Y}{\partial x} + \beta \frac{\partial^3 Y}{\partial x^3} = 0, \quad (1)$$

которое имеет солитонное решение

$$Y(x, t) = -\frac{1}{2} a^2 \operatorname{sech}^2 [a(x - a^2 t) / 2], \quad (2)$$

где  $a^2$  – скорость распространения уединенной волны.

Для анализа решения (2) потребовалось компьютерное моделирование и выбор специализированного программного обеспечения для выполнения расчетов в прикладных областях математики. Предпочтение было отдано пакету Mathematica. В среде последнего рассмотрены свойства уединенных волн.

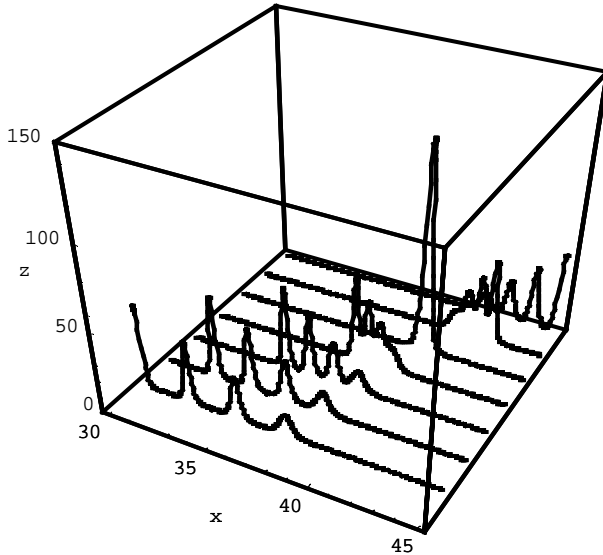


Рис.1.

На рисунке 1 показаны результаты взаимодействия четырех солитонов, причем они расположены по убыванию амплитуд и скоростей (слева направо). Взаимное расположение солитонов было специально подобрано так, чтобы в определенный момент времени они сошлись в одной точке. Затем, в соответствии с уравнением КДВ, уединенные волны вступают в нелинейное взаимодействие. В результате происходит всплеск энергии: на графике это отражается в виде результирующей амплитуды большой величины. После взаимодействия солитоны остаются неизменными. Это хорошо видно на рисунке 1, где они только начинают расходиться. Нелинейность процесса заключается в том, что в солитонах происходят фазовые изменения на этапе суперпозиции волн.

Увеличение энергии последовательно распространяющихся уединенных волн может найти применение для микросварки в производстве микросхем.

Другое применение уединенных волн – защита передаваемой информации. Защита данных с помощью шифрования – возможно, одно из важнейших решений проблемы их безопасности. В

данном случае используется различие скоростей распространения квантованных по амплитуде солитонов (на рис. 2) [2, 3]. На рисунке 2, а–г слева показан результат замены четырех буквенных символов четырехрядным пятеричным кодом. Справа – результат нелинейных волновых явлений в средах с дисперсией. Криптографическому преобразованию подвергаются значения разрядов и их количество (до восьми) каждого символа.

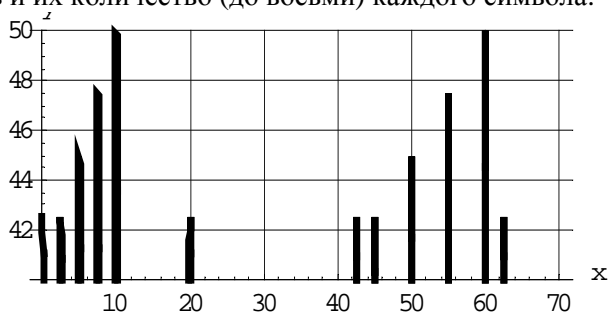


Рис. 2, а

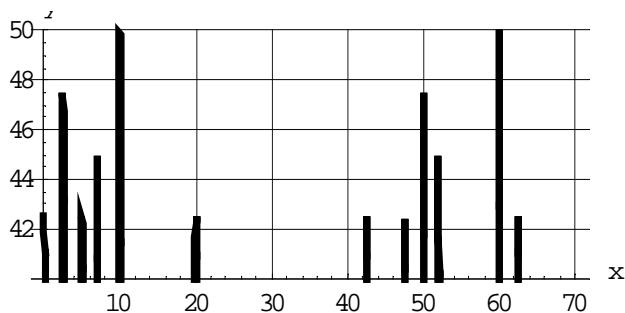


Рис. 2, б

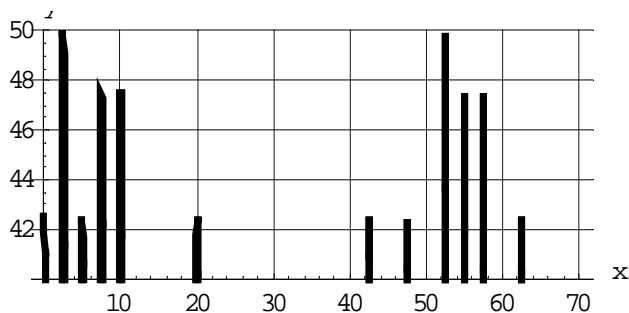


Рис. 2, в

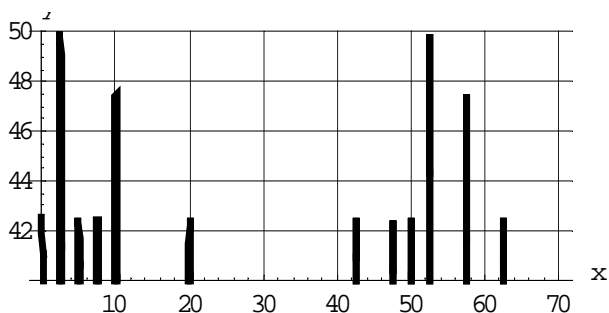


Рис. 2, г

Зашифрованные данные в этом случае доступны только тому, кто знает, как их расшифровать.

Экспериментальная проверка нелинейных волновых процессов проведена на линии с нелинейной индуктивностью.

Таким образом, в настоящее время могут быть разработаны технические средства, основанные на применении свойств уединенных волн.

#### Литература

1. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. – М.: Мир, 1977.
2. Денисьева О.М., Мирошников Д.Г. Средства связи для “последней мили”. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998.
3. Иванова Т.И. Абонентские терминалы и компьютерная телефония. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999.

## КЕРУВАННЯ ПІЗНАВАЛЬНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ УЧНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НАВЧАЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНИХ ЗАВДАНЬ

Ю.М. Галатюк, А.В. Рибалко

м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет

Як відомо, однією з особливостей розділу “Електричні явища” у курсі фізики 8-го класу загальноосвітньої школи є введення значної кількості нових *понять*, процес опанування яких, згідно існуючих навчальних програм, досить ущільнений у часі. Це викликає не аби-які труднощі як у дітей, так і у педагогів. Згідно наших спостережень, основна маса учнів не завжди психологічно готова до необхідної розумової діяльності, яка забезпечує оволодіння новими знаннями даного розділу на достатньому рівні. А відсутність потрібної кількості часу часто ускладнює можливість вчителя вчасно отримати інформацію про рівень опанування нових понять *кожним* учнем безпосередньо на уроці. Однак сучасна педагогіка володіє деякими методами швидкої *діагностики* рівня засвоєння знань учнями. Одним з них є програмовані завдання, які у свій час інтенсивно розроблялись у зв’язку із впровадженням теорії оптимізації навчання, запропонованої Ю.К. Бабанським. За формою ці завдання – з вибором варіанта правильної відповіді. Теоретичні основи застосування програмованих завдань докладно висвітлені в працях [4], [10], [12] та ін., а методичні аспекти щодо їх використання та практична розробка самих завдань на уроках фізики були здійснені у працях [3], [6], [9], [5], [11] та ін. Пропоновані вищевказаними авторами програмовані завдання здебільшого виконують *контролюючо-навчальні* функції, оскільки початково розглядались як одна з форм контролю та вправ. Слід зауважити, що ідея застосування програмованих завдань – досить приваблива можливістю здійснювати швидкий зворотній зв’язок між учнями та вчителем, вчасно виявляти прогалини в знаннях та корегувати їх, організовувати самостійну роботу дітей та індивідуалізувати процес навчання тощо. Завдяки перерахованим перевагам цих навчальних завдань над іншими формами контролю та вправ, вони набули широкої популярності у вітчизняній науковій педа-

гогії 80-их років. Але відсутність на той час у школах надійних технічних засобів для ефективної реалізації програмованих завдань майже унеможливили їх практичне застосування.

Зміщення акценту сучасних дидактичних технологій до моделей гнучкого керування процесом засвоєння знань змушують вчителів застосовувати такі форми роботи, які дозволяють диференціювати учнів за робочим темпом, індивідуальним стилем мислення, виконавською діяльністю тощо. Тому ми звернули увагу на програмовані завдання як дійовий спосіб швидкого отримання потрібної інформації про хід навчального процесу. Але при цьому висунули гіпотезу про можливість перенесення основних функцій цих завдань від *контролюючих* до *навчально-діагностичних* і поставили за мету розглянути можливість таким чином частково керувати процесом засвоєння знань. Оскільки це засвоєння не можливе без цілеспрямованого, свідомого опанування основних *понять* даного розділу, то ми дослідили здатність *навчально-діагностичних завдань* підвищувати ефективність опанування понять на прикладі розділу “Електричні явища” (8 клас) і діагностувати рівень засвоєння учнями нового навчального матеріалу, осмислювати та коригувати набуті ними на уроці знання. У зв’язку з цим ми розробили поурочну систему навчально-діагностичних завдань даного розділу і з’ясували оптимальні зміст, форму та структуру цих завдань.

Отримані нами результати доводять, що за змістом такі завдання повинні різнобічно висвітлювати теоретичний матеріал: це і аналіз експериментальних даних, життєвих та природних ситуацій; і суто розрахункові задачі з використанням законів та формул, які містять нове поняття. За формою ці завдання – з вибором варіанта правильної відповіді, оскільки ця форма забезпечує швидкий зворотній зв’язок між учнем та вчителем, що дозволяє вчасно корегувати процес опанування понять, вилучати прогалини в знаннях і формувати напрямки щодо їх ліквідації. Тому є сенс навчально-діагностичні завдання будувати у вигляді окремих питань, поставлених таким чином, щоб виявити ступінь розуміння учнем фактичного матеріалу, викладеного на уроці.

Структура окремого завдання охоплює весь процес засвоєння знань, який, згідно психолого-педагогічних досліджень [8], є поетапним. Науковці виділяють такі основні етапи: *опану-*

вання фактичного змісту кожного нового знання; подальше вдосконалення знань; систематизація знань; застосування знань на практиці; закріплення знань. *Перший етап* передбачає осмислення, аналіз, синтез, узагальнення первинного основного поняття і реалізується або на рівні сприйняття об'єктів, або через складну, у тій чи іншій мірі, систему інших понять. *Другий етап* передбачає включення нового поняття в систему інших понять, збагачуючи його конкретним змістом. *Третій етап* передбачає порівняння нових понять з іншими, включаючи часткові поняття до більш загальних. *Четвертий етап* реалізується організацією завдань розумової діяльності (якісних і розрахункових вправ, задач тощо). *П'ятий етап* передбачає закріплення знань за рахунок як мимовільного, так і довільного запам'ятовування. Першому виду запам'ятовування сприяє активізація пізнавальної діяльності учнів, а другому – повторення пройденого матеріалу попереднього уроку, теми, розділу тощо. Тому й питання навчально-діагностичних завдань ми умовно розбили на групи у відповідності до етапів процесу засвоєння знань, які органічно взаємно поєднуються між собою.

Як приклад, розглянемо один з варіантів навчально-діагностичного завдання уроку “Електричний опір” рівневої програми за підручником “Фізика 8” авторів Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Особливостями даного уроку є введення цілого ряду важливих понять: опір провідника як явище, опір провідника як фізична величина, одиниця вимірювання опору, питомий опір, одиниці вимірювання питомого опору. Оскільки процес опанування новими поняттями не можливий без включення їх у систему попередніх понять через розкриття причинно-наслідкових зв'язків між ними, то на даному уроці слід створити умови для формування уявлень дітей про причини виникнення електричного опору як явища; про незалежність опору від сили струму та напруги; розуміння причин залежності опору від матеріалу, геометричних розмірів і температури провідника; створити передумови сприйняття закону Ома на наступному уроці і т.п. Причому сама система питань цього завдання є міні-відображенням загального процесу засвоєння знань.

## Електричний опір

1 – В

Ліва сторона.

Права сторона.

### Дослідження показали, що ...

**A** – ... електричний струм – це напрямлений рух вільних заряджених частинок у провіднику.

**B** – ... електрони, що рухаються в металах під дією електричного поля, взаємодіють з йонами кристалічної ґратки.

**B** – ... йони, що рухаються в електролітах під дією електричного поля, взаємодіють з молекулами рідини.

**Який з вищеназваних фактів є причиною електричного опору ...**

1.... металевих провідників?

1. ... електролітів?

### Як зміниться значення ...

2. ...опору провідника при зменшенні сили струму в ньому? Температура та розміри провідника – незмінні.

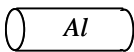
2. ... сили струму в провіднику при збільшенні його опору за сталої напруги?

**Відповіді на 2 запитання:** **A** – Зменшиться. **B** – Збільшиться.

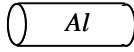
**B** – Не зміниться.

### У якого з провідників більший електричний опір?

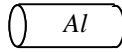
3.



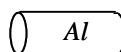
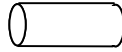
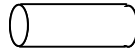
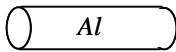
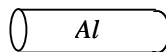
4.



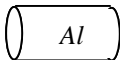
3.



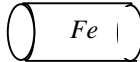
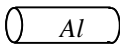
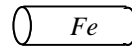
4.



5.



5.



### Відповіді на 3 – 5 запитання:

**A** – У верхнього, бо за однакових геометричних розмірів, питомий опір його матеріалу більший.

**B** – У верхнього, бо за однакових матеріалів і площ поперечного перерізу, він довший.

**B** – У верхнього, бо за однакових матеріалів і довжин, площа



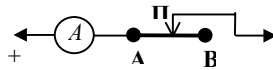
його поперечного перерізу менша.

$\Gamma$  – У нижнього, бо за однакових матеріалів і площ поперечного перерізу, він довший.

$\Gamma$  – Правильної відповіді не наведено.

**Реохорд з константовою дротиною АВ ввімкнули в електричне коло як показано на мал. 1. Як зміняться покази амперметра, якщо ...**

6. ... повзунком  $\Pi$  пересунути вліво?



Мал. 1.

6. ... до точок АВ приєднати дві такі дротины, з'єднані паралельно?

7. ... дротину замінити на таку ж за розмірами, але з ніхрому?

7. ... дротину підігріти?

8. ... дротину охолодити?

8. ... повзунком  $\Pi$  перемістити вправо?

**Відповіді на 6 – 8 запитання:**

**A** – Зменшаться. **B** – Не зміняться. **B** – Збільшаться.

**Як зміниться опір дротини, якщо її ...**

9...довжину збільшити в 2 рази за незмінної площі поперечного перерізу?

9. ... довжину зменшити в 2 рази за незмінної площі поперечного перерізу?

10. ... пропустити через волочильний станок, зменшивши площу поперечного перерізу в 2 рази за незмінного об'єму?

10. ... збільшити площу поперечного перерізу в 2 рази за незмінного об'єму?

**Відповіді на 9 – 10 запитання: A** – Зменшиться в 4 рази.

**B** – Зменшиться в 2 рази. **B** – Не зміниться. **\Gamma** – Збільшиться в 2 рази. **\Gamma** – Збільшиться в 4 рази.

**Довгий провідник має опір R. Його розрізали на n рівних частин, які потім з'єднали між собою паралельно. Визначити опір, який матиме пучок провідів, якщо:**

11.  $R = 18 \text{ Ом}, n = 3.$

11.  $R = 12 \text{ Ом}, n = 2.$

12.  $R = 64 \text{ Ом}, n = 4.$

12.  $R = 80 \text{ Ом}, n = 4.$

У вищевказаному варіанті навчально-діагностичного завдання *опанування фактичного змісту* нового поняття (явище електричного опору) реалізується через систему інших понять (електричне поле, електрони, іони, кристалічна ґратка, ...) першим запитанням. *Подальше вдосконалення та систематизація* знань здійснюється паралельно завдяки запитанням 2-8. Їх виконання націлене на формування у свідомості учнів включення поняття опору (вже як фізичної величини) і питомого опору в систему понять сила струму і напруга та розкриття взаємозв'язків між ними; факту залежності опору металевого провідника від його речовини, геометричних розмірів та температури; привертає увагу дітей до порівняння числових значень питомих опорів різних речовин і т.п. 9–12 запитання покликане формувати вміння *застосовувати* знання *на практиці*, виконуючи нескладні обчислення. Часткове або повне виконання всього завдання забезпечує *закріплення* знань за рахунок обох видів запам'ятовування, зазначених вище.

Зрозуміло, що крім можливості отримання вчителем потрібної інформації про рівень засвоєння знань, дане завдання виконує й навчально-виховні функції, оскільки суб'єкт навчання пізнає певні реалії дійсності, розвиває пізнавальні здібності, здійснює перевірку власних гіпотез, самостійно визначає ступінь оволодіння знаннями та здійснює їх корекцію. Через змістову сторону у свідомості учня відтворюються наочні і чуттєві образи явищ та предметів, які є передумовою мислення. Використовуючи аналіз, узагальнення, порівняння, а інколи й інтуїцію, суб'єкт дає відповіді на поставлені запитання і разом з тим отримує нову інформацію. Тому така система в онтологічному плані є засобом пізнання і, на нашу думку, частково реалізує принцип особистісно-зорієнтованого навчання. Успішне виконання цього завдання на уроці або вдома свідчить не тільки про знання учня на певному рівні, але й має виховне значення: з'являється віра у власні можливості та певний інтерес до навчання. Самооцінка стає поштовхом до саморозвитку.

Як правило, навчально-діагностичні завдання слід пропонувати учням після пояснення вчителем нового матеріалу за 20-15 хв. до кінця уроку. В залежності від індивідуальних особливостей учнів даного класу та складності самого завдання, не-

обхідно зразу ж після його виконання здійснювати перевірку відповідей на кожне запитання. Це можна зробити або повідомивши учням коди правильних відповідей з обов'язковим їх поясненням самими учнями, або запропонувавши дітям усно пояснити чому вони дали саме таку відповідь на те чи інше запитання. Кожну неправильну свою відповідь учень повинен фіксувати для подальшої її корекції під час підготовки до наступного уроку.

Теоретичною основою розробки розглянутих вище навчально-діагностичних завдань є сучасні дослідження з теорії і методики навчання фізики, присвячені проблемі підвищення ефективності контролю знань та управління навчальною діяльністю [2, 3]. У згаданих працях наголошується на неможливості здійснення належного контролю і ефективного управління пізнавальною діяльністю учнів без конкретизації і чіткого визначення проміжних цілей навчання. При цьому пропонується вирішувати цю проблему на основі загальних уявлень про процедуру контролю, де розглядаються два об'єкти: один, що контролюється, другий – еталонний. Сутність контролю при такому підході зводиться до того, що фактичні значення параметра об'єкта, який контролюється порівнюють з його критичними значеннями (критеріями), тобто з еталоном. При цьому визначаються три параметри, які складають цілісну систему для будь-якого людського пізнання і інтегрують у собі усі вищеназвані якісні характеристики. Ці параметри пропонуються у якості основи для виділення рівнів знань, які можна використовувати для реалізації цілеспрямованого контролю і управління процесом навчання. Це такі параметри: *усвідомленість*, *стереотипність*, *пристрасність*. Там же виділяються еталонні рівні засвоєння знань за кожним параметром (детальніше див. [1, 2])

Педагогічні дослідження методики застосування системи навчально-діагностичних завдань як однієї з форм керування навчально-виховним процесом широко проводяться на базі ЗОШ №13 м. Рівне вчителями фізики Левшенюком Я.Ф. (заслужений вчитель України), Рибалком А.В. (здобувач кафедри методики викладання фізики та хімії РДГУ), Кушнір О.С. та докторантом кафедри методики викладання фізики та хімії РДГУ Галатюком Ю.М. Але вже попередні результати свідчать про ефективність

цих завдань у випадку їх систематичного використання.

#### Література

1. Атаманчук П.С. Управління процесом навчальної діяльності. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний інститут, 1997. – 136 с.
2. Атаманчук П.С., Кух А.М. Тематичні завдання еталонних рівнів з фізики (9-11 класи): Навчально-методичний посібник. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ, 2001. – 76 с.
3. Байков Ф. Я. Проблемно-программированные задания по физике в средней школе. – М.: Просвещение, 1982.
4. Беспалько Б. П. Программированное обучение. – М.: Просвещение, 1981.
5. Кондратенко В. І., Левшенюк Я. Ф., Гончар О. Г., Дидактичний матеріал з фізики для 6 і 7 класів. – К.: Радянська школа, 1984.
6. Оптимизация обучения физике и астрономии. Под ред. профессора Пенера Д.И. – М.: Просвещение, 1989.
7. Паламарчук В.Ф. Як виростити інтелектуала. – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2000.
8. Психологія // За ред. проф. Костюка Г.С. – К.: Радянська школа, 1968.
9. Пеннер Д.И., Корж Э.Д. Программированные задания по физике для 10 класса. – М.: Просвещение, 1987.
10. Скиннер Б. Наука об учении и искусство обучения. – М.: Педагогика, 1968.
11. Талызина Н. Ф. Методика составления обучающих программ. – М.: МГУ, 1980.
12. Томас К. и др. Перспективы программированного обучения. – М.: Мир, 1966.

## ТЕОРИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

В.Н. Говоруха

г. Киев

Согласно закону сложения скоростей классической механики, если источник света движется со скоростью  $v$  по направлению к наблюдателю, то скорость света  $C$  была бы равна  $c + v$ . Однако теорией относительности Эйнштейна было установлено, что в действительности с точки зрения наблюдателя, относительно которого движется физическая система, все процессы в этой системе замедляются в  $\sqrt{1 - v^2/c^2}$  раз.

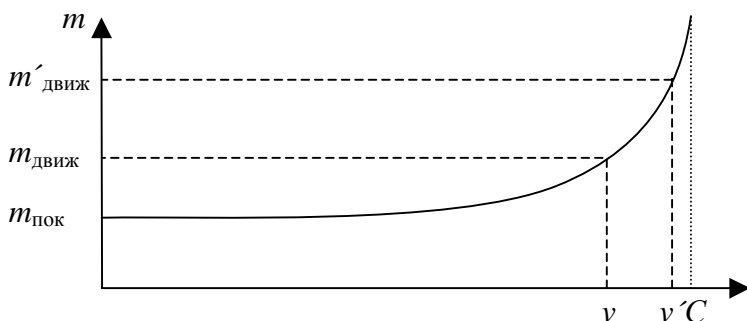
Масса движущегося тела во столько же раз увеличивается, и события одновременные для одного наблюдателя оказываются неодновременными для другого, движущегося относительно первого.

Теория относительности подтверждена множеством экспериментов и, безусловно, справедлива для системы, в которой наблюдателем является человек, а время измеряется прибором (часами), который должен быть обязательно синхронизирован с периодом вращения Земли вокруг своей оси (1 оборот равен 24 часа).

Несмотря на то, что теория относительности не только подтверждена экспериментально, но и базируется на повседневном опыте, все же в ней имеются явные логические противоречия между принципом относительности согласно которому: *«Если физическая система  $B$  движется равномерно и прямолинейно (со скоростью  $V$ ) относительно системы  $A$ , то с тем же правом можно считать, что  $A$  движется относительно  $B$  (со скоростью  $V$ ).»* и одним из основных выводов теории относительности о том, что со скоростью света  $C$  могут двигаться только частицы, масса которых равна нулю. Справедливость отдельно взятых как принципа относительности, так и вывода кажется очевидной, но если рассматривать их в комплексе, то возникает противоречие, которое усиливается по мере того, как увеличивается разница в массе между наблюдателем и движущимся относительно него физическим телом. Таким образом, если следовать логике теории относительности, то получается, что планета дви-

жется относительно фотона с такой же скоростью, с которой фотон движется относительно планеты. Выходит планета движется (относительно фотона) со скоростью света  $C$ . В тоже время в теории относительности утверждается, что со скоростью света  $C$ , являющейся предельной скоростью, могут двигаться только частицы, масса покоя которых равна нулю, тогда как масса планеты намного больше нуля.

Если рассмотреть на графике изменения массы  $m$  и замедления времени  $t$  в зависимости от скорости движения  $v$  относительно наблюдателя,



то на основании графика можно сделать вывод, что соотношение массы  $m$  и массы  $m'$  при  $v$  стремящейся к  $C$  выражается также, как и обычное взаимодействие масс —  $m/m'$ . Время замедляется, продольные размеры тел сокращаются в таком же соотношении —  $L/L'$ . Можно записать:

$$\frac{m}{m'} = \frac{t}{t'} = \frac{L}{L'}.$$

Для дальнейшего рассмотрения необходимо ввести термин *Условный Наблюдатель  $H'$*  по аналогии с *Реальным Земным Наблюдателем* (человеком)  $H$ , но масса  $m'$  и размеры которого условно, пропорционально увеличены или уменьшены относительно массы  $m$  и размеров *Реального Земного Наблюдателя* (человека) в  $m/m'$  раз.

Далее продумаем следующий мысленный опыт. Уменьшим массу  $m'$  и размеры условного наблюдателя —  $H'$  до такой величины, чтобы масса и размеры, например, атома по отношению к условному наблюдателю —  $H'$  были пропорциональны массе и

размерам Солнечной системы для  $H$ . Поместим систему  $H'$  в любой воображаемой точке пространства в состоянии покоя относительно  $H$  и пронесем ладонь руки над этой точкой. Предположим, что размер ладони около 10 сантиметров, а скорость движения 0,1 м/с. Время, которое потребуется, для того чтобы пронести руку над системой  $H'$  равно 1 с. Очевидно, что скорость движения ладони (которая составит всего лишь 0,1 м/с) намного меньше скорости света  $v_{\text{лад}} \ll C$ . Но с точки зрения  $H'$  это было бы равносильно тому, если бы с точки зрения реального наблюдателя «человека» мимо Солнечной системы всего лишь за 1 с переместился объект в миллиарды раз, превосходящий ее по размерам и массе, в этом случае скорость движения объекта намного превышала бы скорость света.

Но ведь установлено, что абсолютное значение скорости света  $C$  является предельной скоростью.

Однако существует строгая симметрия между массой  $m$ , временем  $t$ , и размерами  $L$  и изменение любого из параметров автоматически приводит к изменению двух других параметров. Теория относительности рассматривает изменение вышеуказанных параметров под влиянием таких факторов как в частности скорость, ускорение, энергия, и поле тяготения. И поскольку масса является единственным из трех параметров, который можно изменить без посредства вышеуказанных факторов путем обычного подбора, то противоречия устраняются тем, что в действительности все процессы в системе  $H$  с точки зрения условного наблюдателя в системе  $H'$ , находящийся в покое друг относительно друга, но имеющих заведомо разную массу, замедлены, а расстояния (не продольные размеры тел, а все размеры и расстояния) увеличены в  $m/m'$  раз где  $m$  – масса покоя  $H$ , а  $m'$  – масса покоя уменьшенного наблюдателя  $H'$ . Интервал  $S_{ab}$  между двумя событиями  $a$   $b$  будет иметь различную относительную протяженность для каждого из наблюдателей имеющих разную массу.

Если принять за единицу отсчета протяженность интервала  $S_H$  реальную для  $H$ , тогда относительная протяженность интервала  $S_{H'}$  реальная для  $H'$  будет эквивалентна  $S_{H'} = S_H K_t$ , где  $K_t$  – пространственно временной коэффициент  $K_t = m/m'$ . Поэтому с точки зрения условного наблюдателя  $H'$  ладонь будет двигаться

относительно него в  $K_i$  раз медленнее.

Поскольку рассматриваемая протяженность происходящих событий для наблюдателей имеющих разную массу не связана с движением (согласно теории относительности релятивистские эффекты проявляются только тогда, когда скорость движения приближается к скорости света), соответственно наблюдателей можно расположить, как угодно близко друг к другу вплоть до момента непосредственного контакта. Это можно представить на примере двух твердых тел, медленно, без ускорения и вращения движущихся навстречу друг другу со сколько угодно малого расстояния  $l$  до момента контакта между поверхностями. Момент контакта между поверхностями будет одновременным для обоих физических тел, но относительная протяженность любого произвольно взятого отрезка времени  $t-t'$  и пройденное ими расстояние  $l$  будут отличаться в  $m/m'$  раз.

Таким образом, любой точечный момент времени будет одновременным для любого из наблюдателей, но течение времени и расстояния будут для них отличаться в  $m/m'$  раз.

Например, как момент старта ( $a$ ), так и момент перехода звукового барьера ( $b$ ) для самолета и его уменьшенной модели, двигающихся параллельным курсом, с одинаковым ускорением, то есть находящихся в покое друг относительно друга, будут одновременными для каждого из них, но интервал  $Sab$  и пройденное расстояние между моментом старта и моментом достижения скорости звука для модели увеличатся по отношению к самолёту в  $m/m'$  раз.

Если то, что расстояния для условного наблюдателя, масса которого меньше массы реального наблюдателя ( $m' < m$ ) увеличатся, очевидно, даже на примере мысленного опыта, то проверить зависимость течения времени от массы прямым экспериментом можно только уменьшив реального наблюдателя, а потом сопоставить результаты наблюдений, что само по себе невозможно. Тем не менее, теорией относительности установлено и экспериментально подтверждено влияние на изменение массы таких факторов как:

- скорость движения, которую в приближении можно рассматривать как сокращение расстояний –  $L$  в  $\sqrt{1 - v^2 / c^2}$  раз влияющее на симметричное изменение двух других



параметров – массы –  $m$ ; течения времени  $t$ .

- ускорение и поля тяготения, влияющие непосредственно на изменение массы, в результате чего симметрично изменяются два других параметра – течение времени  $t$  и расстояния  $l$ .

Таким образом, к пространственным координатам – длина, ширина, высота и время как неотъемлемая часть добавляется еще одна координата – масса.

Само понятие *Время*, определяемое как основная (наряду с пространством) форма существования материи, заключающаяся в закономерной координации сменяющих друг друга явлений, может иметь физическое определение, основанное на том, что время неразрывно связано с материей, а соответственно с таким проявлением существования материи, как масса. Ведь отсутствие какой-либо материи в некоей изолированной среде означает отсутствие каких-либо процессов при этом *Время* неопределимо. Соответственно *Время* неразрывно связано с массой – основным проявлением материи. Течение времени может замедляться или ускоряться в таком же соотношении, как и взаимодействие масс, поэтому *Время* имеет общую природу с взаимодействием масс и может выражаться так же, как и взаимодействие масс  $m/m' = t/t'$ .

Но даже, если бы удалось изменить массу реального наблюдателя, то все равно, любой отрезок времени, измеряемый часами, синхронизированными с периодом вращения Земли,  $t-t'$  равнялся бы одному и тому же числу, например секунд, как для  $H$ , так и для  $H'$ . Различной была бы только протяженность как каждой отдельно взятой секунды, так и всего отрезка времени в целом. Но, если вместе с наблюдателем пропорционально изменить и массу часов, а затем сопоставить показания их первоначального и измененного состояний то обнаружится, что времена, отсчитываемые обоими часами, окажутся различными. Поэтому эксперимент сводится к изменению массы часов.

Приближенно смоделировать изменение хода часов можно на примере метронома. При изменении массы маятника частота его колебаний изменяется.

Если масса системы  $H > H'$ , часы в системе  $H'$  по отношению к системе  $H$  будут спешить. Но с таким же правом можно утверждать, что часы в системе  $H$  будут отставать от часов в

системе  $H'$ . При этом, если пропорционально изменить массу системы  $H'$ , состоящую из условного наблюдателя и часов, то, несмотря на то, что ход часов изменится с точки зрения  $H$  (ускорится или замедлится в зависимости от того уменьшится или увеличится масса) для наблюдателя в системе  $H'$  ход пропорционально измененных вместе с ним часов останется незаметным.

Обнаруживается инвариантность течения времени для каждого из наблюдателей и отсутствие единых для всех наблюдателей интервала времени и длины.

Таким образом, *если изменить массу системы  $B$  одной из двух аналогичных физических систем  $A$  и  $B$ , что находятся в состоянии покоя друг относительно друга в изолированной материальной среде, то относительная продолжительность всех процессов в системе  $B$  останется неизменной. При этом продолжительность всех процессов в системе  $A$ , которая осталась без изменений относительно системы  $B$  сократится если масса  $m'$  системы  $B$  больше массы  $m$  системы  $A$ , или увеличится если ( $m' < m$ ) в  $m/m'$  раз.*

Но с простым пропорциональным изменением массы часов возникают сложности, ведь работа практически всех часов связана с движением. Поэтому данный принцип будет соблюдаться только тогда, когда обе физические системы будут находиться в состоянии покоя друг относительно друга, а в качестве часов рассматривать цепочку события  $C_1, C_2, \dots, C_n, \dots$ , происходящих с определенным интервалом –  $S$ .

Для движущихся систем расчеты нужно делать с учетом релятивистских эффектов. Поэтому, *если системы  $A$  и  $B$  привести в состояние равномерного прямолинейного движения друг относительно друга то в зависимости от выбора системы отсчета разница в течении времени для каждого из них составит  $m \cdot \sqrt{(1 - v^2 / c^2)} / m'$  раз.*

То, что для каждой из систем  $A$  и  $B$ , находящихся в покое друг относительно друга, интервал  $S$  и расстояние  $l$  будет различным в соотношении  $m/m'$ , а для тех же систем, но приведенных в состояние равномерного, прямолинейного движения друг относительно друга интервал и расстояния изменятся в соотношении  $m \cdot \sqrt{(1 - v^2 / c^2)} / m'$ , возможно и есть ключом к понима-

нию природы волны.

На основе данной теории можно относительно просто объяснить, почему со скоростью света могут двигаться только частицы, масса покоя которых близка к нулю. Для этого необходимо ввести понятия субъективного времени  $t_c$  которое соответствует такому течению времени и расстояниям, какими их воспринимает реальный земной наблюдатель (человек) и абсолютного времени  $t_a$  реального для любого другого физического тела (как бы с его собственной точки зрения), относительно которого проводится опыт  $t_a = t_c/K_t$ .

По аналогии с абсолютным временем можно ввести понятие абсолютной скорости  $v_a = v_c/K_{t \text{ движ}}$ , где  $K_{t \text{ движ}} = m \cdot \sqrt{(1 - v^2/c^2)}/m'$ . И если масса фотона –  $m_\gamma$  равна нулю, то видно, что  $K_{t \text{ движ}}$  стремится к бесконечности, при этом  $v_a$  фотона стремится к нулю. Именно поэтому с точки зрения человека скорость, с которой движется фотон была бы пренебрежительно малой, скажем, потребовались бы годы для того, что бы фотон преодолел расстояние, равное диаметру атома, если бы строгая взаимосвязь между массой, течением времени и расстояниями отсутствовала.

В случае гравитационного коллапса происходит обратный процесс:  $K_t$  стремится к нулю, при этом  $t_a$  стремится к бесконечности. Другими словами, «часы» в системе «черной дыры» практически останавливаются относительно «часов» в системе реального земного наблюдателя. На этом основании можно выдвинуть гипотезу эволюции «черной дыры», которая сводится к тому, что при гравитационном коллапсе происходит сжатие вещества до критической величины и моментальный взрыв, но по причине огромной разницы в массе этот процесс оказывается многократно растянут во времени для человека.

Поскольку время будет протекать по разному для двух наблюдателей имеющих разную массу то было бы логично, если бы живые существа воспринимали свет, его скорость а соответственно и продолжительность происходящих событий не всей массой своего тела а только определенными органами чувств масса которых должна отличаться незначительно. Что мы и можем наблюдать в окружающей природе – масса элементов органов зрения (глаз) у живых существ одного вида одинакова, тогда как масса тела может значительно отличаться.

На основании вышеизложенного можно предположить, что мироздание нескончаемо как в сторону микро, так и макромиров и имеет некую кратность. Все составные части мироздания повторяются на определенном витке спирали. И поэтому попытки обнаружить элементарную (неделимую) частицу приводит только к открытию все новых и новых частиц. Рождение и распад в вакууме так называемых элементарных частиц, длящийся с нашей точки зрения доли секунды, с “точки же зрения” их собственной массы может быть рождением, развитием и гибелью целых Галактик, но необычайно ускоренного во времени по причине огромной разницы в массе. Можно провести аналогию между тепловым молекулярным колебанием и расширением Вселенной, поэтому можно предположить, что после расширения начнется сжатие.

Если данная теория справедлива, то она имеет отношение ко всем процессам, в которых присутствует масса и протяженность во времени, то есть к абсолютно всем процессам и явлениям, происходящим в природе. Но особая роль этой теории в том, что она дает возможность по-новому переосмыслить место человека в мироздании.

#### Литература:

1. Вавилов С.И. Экспериментальные основания теории относительности. – М.–Л., 1928.
2. Борн М. Эйнштейновская теория относительности. 11 изд. – М., 1972.
3. Логунов А.А. Основы теории относительности. – М., 1982.
4. Паули В. Теория относительности. – М., 1983.

## МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ МАЙБУТНІМ ІНЖЕНЕРАМ

В.Б. Гого, Л.Г. Сергієнко  
м. Красноармійськ, Донецький національний технічний  
університет

Як відомо, робочий процес в будь-якому вузі – це впорядкована, взаємопов'язана діяльність викладачів та студентів, що спрямована на досягнення кінцевої мети вищої освіти – створити фахівця вищого гатунку. Тому розвиток і вдосконалення методів навчання окремим дисциплінам в вузі, зумовлені як змістом, так і метою розробки оригінальних інноваційних методичних систем викладання програмних предметів, зокрема фундаментальних (фізики, математики тощо).

Треба сказати, що немає (і не може бути!) єдиного універсального метода викладання фундаментальних та спеціальних дисциплін. Це в першу чергу стосується фізики, що викладається в технічних вузах на перших щаблях вищої освіти.

У повсякденній праці вузівських викладачів є великий арсенал методичних прийомів: структурний підхід до матеріалу, міжпредметний зв'язок, застосування алгоритмів, інтеграційних блоків, інноваційні технології – комп'ютерний експеримент, дистанційне навчання, взаємозв'язок накопиченої інформації та можливість її використання в спеціальних курсах, навчальний контроль за формуванням професійних знань, вмінь, навичок тощо. Зараз закономірні наступні актуальні дії: 1) розробка раціональної програми курсу фізики технічного вузу, яку необхідно адаптувати до конкретної спеціальності з урахуванням фундаментальності та професійної освіти; 2) інтеграція комплексного використання технічних та інноваційних технологій з живим словом викладача.

В сучасних умовах для формування молодого спеціаліста-інженера набуває особливого значення диференціація навчання фізики у вузі, яка, перш за все, передбачає індивідуалізацію. Університетський досвід показує, що для студентів усіх форм навчання (денної, заочної) індивідуалізації сприяє, в свою чергу, диференціація навчального матеріалу з фізики, розробка завдань

для кожного студента, відповідно до його можливостей, особливо пошукового характеру. Такий підхід реалізує завдання ефективної фундаментальної підготовки студентів до етапу вивчення спеціальних предметів та майбутньої роботи.

Важливе значення для підготовки молодих спеціалістів набуває систематизація знань з фізики. Для цього вузівський викладач фізики повинен значну увагу приділити аналізу фізичного явища – причин його утворення, наслідкам та перспективам використання. Останнє не можливе без міжпредметних зв'язків, без інформаційного матеріалу з виробництва, без самостійного виконання студентами фізичних дослідів, що відбивають реальність їхньої майбутньої трудової діяльності.

Таким чином, поглиблене, фундаментальне вивчення фізики студентами технічних вузів, насамперед, передбачає органічне поєднання теоретичного матеріалу з його практичним втіленням. А це потребує певних зусиль з боку викладачів та студентів.

Спинимось на окремих моментах викладання фізики майбутнім інженерам, наприклад гірничим. Вивчаючи основи класичної механіки (фізичний зміст швидкості, потужності, коефіцієнта корисної дії машин та механізмів тощо), ми ознайомлюємо студентів з основами механізації гірничого виробництва. Ні в якому разі фундаментальність положень фізики не підмінюється технічною інформацією з гірничої механіки. Навпаки, спеціальна термінологія осідає в головах студентів і пов'язується з конкретними фізичними явищами та проявами. Доречним буде спеціальний факультатив, чи напрямок реферативних студентських робіт фізико-технічного або інформаційного плану (НДРС). Ефективним, як показує дослід, є проведення спеціалізованих фізичних олімпіад, конференцій та днів науки. Студенти мають змогу глибше ознайомитися як з фізикою, так і з її використанням. Цікаво, що в цій роботі приймають участь і студенти старших курсів, які вже здали фізику, але не забули її.

Умови, в яких ми зараз працюємо, потребують дійових зв'язків з виробництвом. Університет повинен не тільки задовольняти виробництво кадрами сьогодні, але бути попереду нього в часі і наукових розробках. Тому участь студентів у науково-пошукових роботах вчених вузу особливо важлива. А перші кро-

ки цієї справи робляться під час вивчення загальної фізики (підготовка наукових, науково-дослідних та теоретичних рефератів, доповідей, досліджень тощо). Все це разом формує початкові професійні знання, вміння, навички студента, тобто початкового спеціаліста, котрий спроможний інтегрувати свій дослід.

Великою ланкою педагогічної вузівської діяльності є розвиток у студентів здібностей до самостійної, творчої та дослідницької роботи. По-перше, слід сказати, що далеко не всі студенти здатні до цього, але зробити спробу відносно них теж дуже важливо. Труднощів сьогодні багато, зокрема, в вугільній галузі. Це і спад виробництва, і закриття шахт, і невизначеність планів розвитку. Але університет закладає фундамент для професійного росту, Спостереження показують, що студенти, які з інтересом вивчали фізику та добре опанували спеціальністю, знайшли свій шлях у виробництві. Вони мають розвинуту інтуїцію, здібність аналізувати та прогнозувати. Ці якості були закладені під час вивчення фізики, яка заформувала здатність наукового підходу до справи, озброїла універсальним алгоритмом рішення задач будь-якої тематики. Таким чином, викладачу фізики, який ознайомлює студентів з темою, що містить елементи дослідження чи майбутньої професійної діяльності, доцільно вказати на основні фізичні показники, що допомагають систематизувати відомі їм факти навколишньої дійсності. При цьому викладач спроможний встановити рівень здібностей студента до дослідницької роботи, заздалегідь визначити обсяг його індивідуальної роботи. Наприклад, студентам – майбутнім гірничим-електромеханікам, перед вивченням електродинаміки пропонується написати реферат з питань використання електричної енергії в умовах шахт на основі вивчення реального становища на шахтах. Завдяки такому початку вивчення теми на лекціях не буває пасивних, байдужих очей студентів. Майже кожний з них зрозуміє, що практика потребує фундаментальної теорії.

Велику увагу слід приділяти виготовленню наочних посібників та приладів для фізичних лабораторій. За останні роки ця робота стала особливо актуальною, бо придбати потрібне обладнання дуже важко. Наші студенти під керівництвом викладача виготовили прилад для спостереження і вивчення взаємодії

паралельних струмів, прилад для демонстрації залежності опору металевого провідника від температури, підсилювач та генератор низької частоти тощо. Виготовляючи прилади, студенти вчать самостійно працювати з додатковою літературою, журналами, довідниками. В процесі цієї роботи студенти ставлять багато запитань, з'являються пропозиції, проекти, реальні рішення.

Значну увагу ми приділяємо проведенню семінарів, на яких підсумовуються знання студентів з окремих тем. Цікавим є сценарій проведення семінару. Для прикладу розглянемо семінар з теми “Змінний струм”. По-перше, подія відбувається в лабораторії “Електродинаміки”. Відкриваючи її, викладач оголосив теми доповідей, доповідачів та авторські колективи, що вони представляють. На стендах виставлені схеми, графіки, а на столах – демонстраційні прилади. Студенти-доповідачі невимушено, доступно показують знання теоретичного матеріалу, а також вміння виконувати фізичні досліди, користуватися приладами, комп'ютерами. На семінарі висвітлено принципи дії різних типів електродвигунів, особливо тих, що працюють в умовах шахт, зроблено аналіз щодо перспектив використання електричної енергії у вугільній галузі.

Семінари з фізики допомагають виділити найістотніші ознаки фізичних явищ. Зрозуміло, якщо студенти вивчили матеріали лекції, підручника і запам'ятали їх, то це не дає підстав вважати, що вони добре засвоїли значення понять, особливо, практичних. Потрібні аналітико-практичні дії, які дають змогу використати побільше дидактичних ситуацій. На нашу думку, це добре відтворюється на семінарах, що підсумовують самостійну роботу студентів.

Особливо слід сказати про один з основних критеріїв знань студентів з фізики – це вміння розв'язувати задачі, особливо ті, що мають професійну спрямованість. Щоб успішно розв'язувати задачі, треба не тільки знати теорію, але й мати сформовані інтелектуальні навички щодо алгоритму цієї розумової роботи. Тому доцільно показати студентам декілька прикладів розв'язання задач, провести аналіз рішення, а також рішення за зразком. Викладачу доцільно провести розумну регламентацію дій, як своїх, так і студентів, бо теорія і практика приводять до різноманітних підходів, особливо у напрямку пошуково-творчої



діяльності. Розв'язуючи стереотипні задачі підручника, студенти накопичують досвід використання алгоритму, який далі допоможе їм знайти вірні шляхи у роботі над нетиповими задачам. Кожна така задача дає змогу студентові провести своє самостійне дослідження, а викладачеві оцінити його по багатьом критеріям, насамперед, у питаннях фундаментально-професійного спрямування. Формуючи у студентів загальні прийоми самостійно-творчої діяльності, викладач має змогу навчити їх специфічним прийомам, які дає тільки фізика. В цей час для викладача важливо, щоб студенти вміли обирати найраціональніші прийоми для кожного випадку. Одним з них є формалізований підхід до визначення фізичної величини. Чим раніш і краще студент засвоїть загальні принципи та схеми розв'язання фізичних задач, тим ефективніше буде процес його становлення, як фундаментально підготованого майбутнього фахівця. Дослід нашої роботи показує, що поряд з обов'язковими завданнями слід пропонувати студентам і завдання, які вони можуть виконати за бажанням. Це сприяє розвитку у студентів, як правило талановитих, відповідального відношення до завдання, особливо індивідуального. Неабияку роль відіграє методика подання та контроль за виконанням такої роботи з боку викладача. Психологічний настрій студентів залежить від цільових настанов викладача. Звичайно, що вони не повинні стати інструктажем, який би обмежував самостійність студентів. У важливому питанні щодо оцінювання результатів роботи студентів, на наш погляд, повинна бути незаперечна істина: є робота - повинна бути і оцінка. Викладач не може бути байдужим до наслідків праці студента. Поставити оцінку, чи обмежитись характеристикою – вирішує сам викладач, але це повинно бути зрозумілим для студента.

В якості резюме треба відмітити, що такий навчальний цикл з фізики дає наслідки сподіватися, що в майбутній трудовій діяльності наші випускники зможуть застосувати набуті знання у своїй практичній діяльності.

## ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА ОДНООСНЫХ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ

В.Н. Горбач, А.А. Волгин  
г. Харьков, Харьковский национальный университет  
им. В.Н. Каразина

Современная подготовка специалистов физико-технического профиля предполагает развитие интеллектуальной самостоятельности и творческой активности студентов. Такое развитие, как правило, реализуется в ходе проблемного обучения. Проблемная ситуация возникает, когда требуется получить качественные и количественные характеристики сложных многопараметрических явлений, исследовать их и сделать прогноз их развития для случаев, когда реальный эксперимент затруднителен или невозможен. Такие ситуации дают повод приобщить студентов не только к получению навыков работы со сложными математическими пакетами программ, но и к овладению методикой численного компьютерного эксперимента. При этом, конечно, не следует забывать, что использование персональных компьютеров при решении физических задач не может заменить или подменить реальные экспериментальные установки и, тем более, получение тех навыков и знаний, которые приобретаются при работе на реальной физической установке. Но сочетание традиционного обучения и компьютерных технологий позволяет значительно усилить эффективность обучения. Поэтому компьютерный модельный эксперимент удобно сочетать с обычным лабораторным практикумом. В частности, такая ситуация реализована на спецпрактикуме “Физика магнитных явлений” четвертого курса студентов физического факультета ХНУ. Все лабораторные работы спецпрактикума разбиты на три цикла по четыре работы в каждой. Тематика всех циклов тесно увязана с современным состоянием физики магнитных явлений:

- методы получения и исследования магнитных полей,
- исследование процессов намагничивания и физических взаимодействий, формирующих магнитное состояние вещества,
- фазовые переходы в точке Кюри и спин-

переориентационные магнитные фазовые переходы.

Компьютеризация лабораторного практикума и применение, как стандартных готовых прикладных программ, так и разработанных на кафедре пакетов программ позволили не только значительно сократить время на обработку экспериментальных данных, но и расширить рамки практикума. Это связано, в первую очередь, с появившейся возможностью у студентов проводить компьютерное исследование материалов в условиях, недостижимых в реальном эксперименте.

Но разработка прикладных пакетов программ, применяемых на спецпрактикуме, связана, в первую очередь, с работой преподавательского коллектива либо студентов, но под руководством тех же преподавателей. Поэтому целесообразным было введение на кафедре специального курса “Моделирование физических процессов и явлений”, читаемого студентам четвертого курса с целью обучения их методам численного компьютерного эксперимента. Обучение на спецкурсе построено по принципу “от простого к сложному”. Кроме того, предполагается, что студент проводит до 80% времени за компьютером. Вначале студенты на простых упражнениях знакомятся с возможностями современных математических систем (Mathematica-3, Maple V и т.д.), затем на простых физических задачах учатся использовать эти пакеты для компьютерного моделирования. Завершается курс заданием относительно сложных задач в качестве самостоятельной работы студента.

В качестве примера рассмотрим задачу, связанную с изучением процессов намагничивания и перемагничивания в одноосном однодоменном ферромагнитном материале. Рассмотрим наиболее простой случай – случай тонкой ферромагнитной пленки. В этом случае процессы намагничивания происходят только за счет вращения суммарного магнитного момента в плоскости пленки во внешнем магнитном поле (рассматривается идеальный случай). Для такой пленки анизотропную часть свободной энергии единицы объема можно представить в виде

$$E = -K_1 \cos^2 \alpha - I_s H \cos(\beta - \alpha),$$

где  $K_1$  – константа одноосной анизотропии,

$\alpha$  – угол между вектором намагниченности и направлением легкого намагничивания,

$\beta$  – угол между направлением магнитного поля и направлением легкого намагничивания.

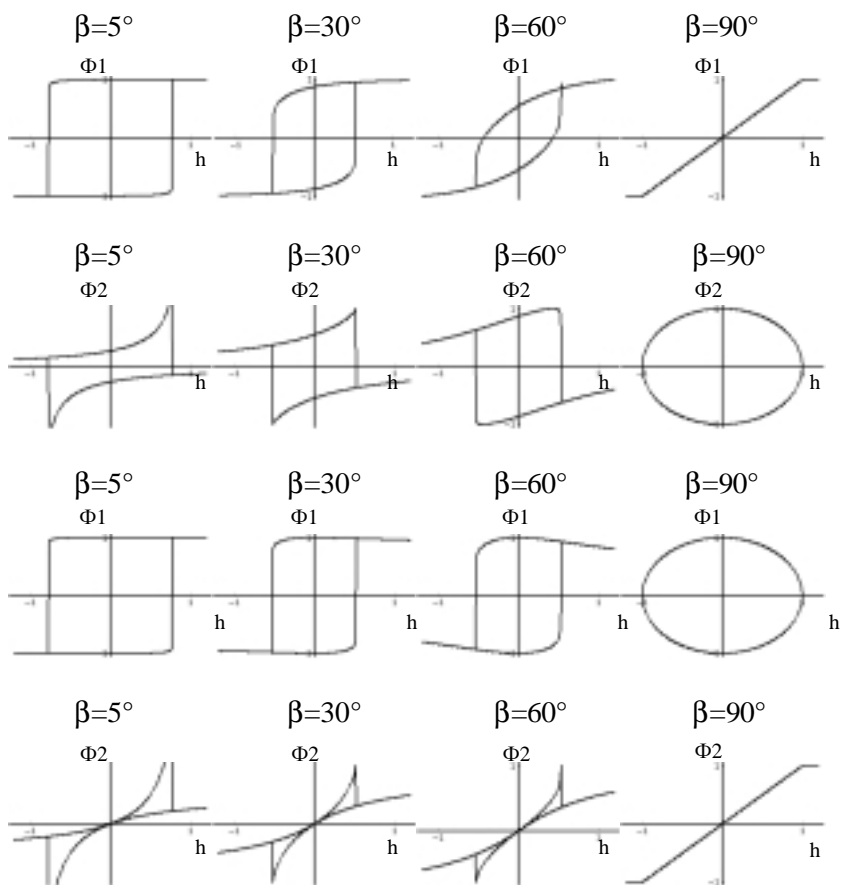
Устойчивое положение вектора намагниченности находится, как обычно, из условий

$$\frac{\partial E}{\partial \alpha} = 0, \frac{\partial^2 E}{\partial \alpha^2} > 0.$$

Решение этих уравнений позволяет определить угол между внешним полем и направлением намагниченности при данном магнитном поле. Знание же угла между внешним магнитным полем и намагниченностью дает возможность получить многие магнитные характеристики материала, например, петлю гистерезиса. Петлю гистерезиса можно определить как график зависимости между проекциями внешнего магнитного поля и вектора намагниченности на какое-либо фиксированное в пространстве направление.

В отличие от систем с замкнутым магнитным потоком, например тороидальных магнитных сердечников, где любая измерительная катушка обязательно охватывает весь магнитный поток, и петля строится в координатах  $[B, H]$ , в случае плоского элемента дело обстоит сложнее. При различных направлениях катушки измерительной катушки, она охватывает различные магнитные потоки. Поэтому среди всего многообразия петель гистерезиса студентам предлагается рассмотреть только два класса:

1. Нормаль к плоскости измерительной катушки направлена либо вдоль, либо перпендикулярно намагничивающему магнитному полю. Пленочный элемент поворачивается внутри измерительной катушки.
2. Нормаль к плоскости измерительной катушки направлена либо вдоль, либо перпендикулярно направлению легкого намагничивания. Пленочный элемент вместе с сигнальной катушкой поворачивается относительно внешнего магнитного поля.



Примеры петель гистерезиса при различных расположениях измерительных катушек и направлений магнитного поля приведены на рисунке.

Первые два ряда: магнитное поле направлено под углом  $\beta$  к легкой оси, нормали измерительных катушек направлены вдоль поля ( $\Phi_1$ ) и перпендикулярно полю ( $\Phi_2$ ).

Вторые два ряда: магнитное поле направлено под углом  $\beta$  к легкой оси, нормали измерительных катушек направлены вдоль легкой оси ( $\Phi_1$ ) и перпендикулярно легкой оси ( $\Phi_2$ ).

## УЧЕБНЫЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ВОЛНОВОЙ ОПТИКЕ

В.Н. Горбач, А.А. Волгин

г. Харьков, Харьковский национальный университет  
им. В.Н. Каразина

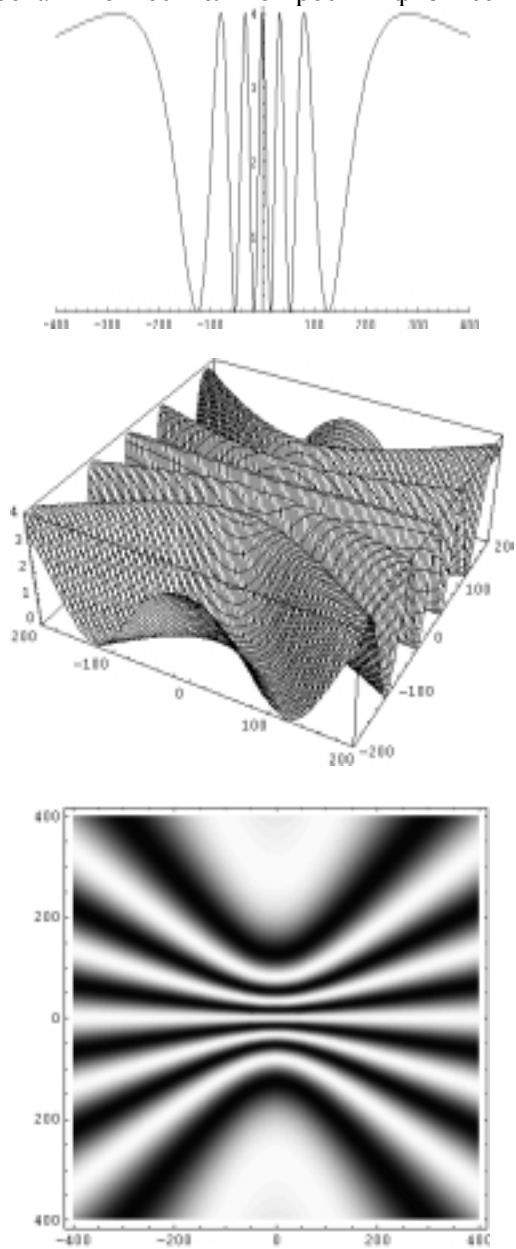
Выполнение многих видов работ, в том числе решение физических задач, связано с проведением сложнейших расчетов, начиная от вычисления расчетных формул и заканчивая обработкой экспериментальных результатов. Применение современных персональных компьютеров и специального программного обеспечения на любом из этих этапов способно резко поднять эффективность вычислительных работ. Кроме того, мощность современной вычислительной техники уже такова, что позволяет проводить сложнейшие эксперименты по моделированию многих физических явлений.

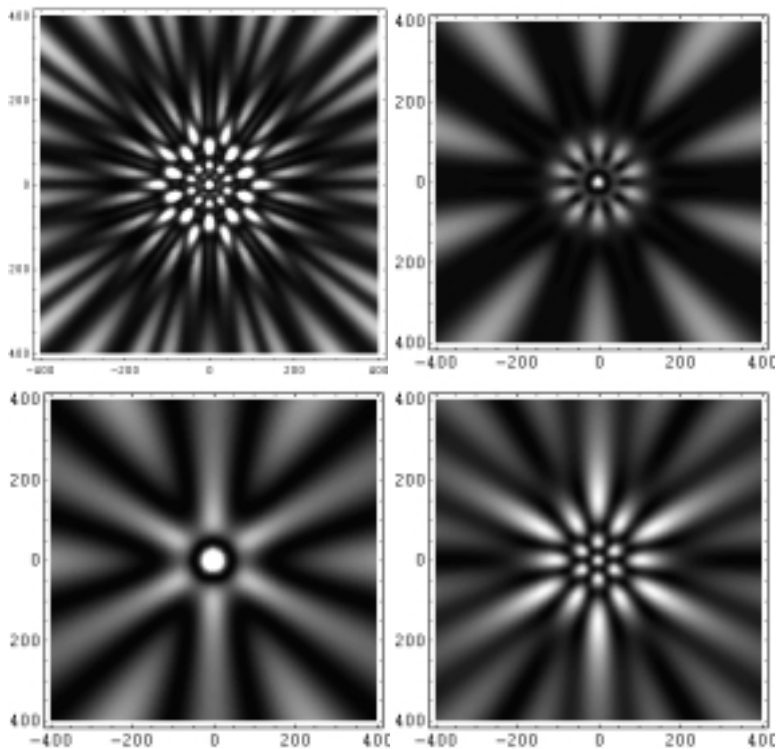
Широкое внедрение компьютерных технологий в науку и технике, в свою очередь, вызывает насущную потребность в пересмотре организационных основ подготовки будущих специалистов. Молодые исследователи должны иметь навыки работы, как с готовыми пакетами прикладных программ, так и с методикой численного моделирования различных процессов.

В настоящее время практически во всех вузах в общефизических и специальных практикумах достаточно широко используется компьютерное моделирование различных физических явлений. Численное моделирование в сочетании с прямыми исследованиями на реальных физических установках значительно повышают эффективность учебного процесса.

Вместе большую помощь по приобретению навыков по численному компьютерному моделированию могут оказать и спецкурсы, читаемые студентам 3-4 курсов по моделированию физических процессов. В частности, подобный спецкурс читается студентам 4 курса на кафедре общей физики физического факультета ХНУ (доц. А.А. Мураховский). Цель спецкурса и одноименного практикума – приобретение студентами навыков работы с прикладными пакетами программ (Word 2000, Excel 2000, Access 2000, Maple V, Mathematica 3 и пр.) и использования их

при моделирования относительно простых физических явлений.





Выигрышным физическим явлением, предлагаемого для компьютерного моделирования в качестве самостоятельной работы студентам, является интерференция света. Меняя число точечных источников света, длину волны, волновое число, местоположение точечных источников света можно наблюдать мгновенные и усредненные по времени картины интерференции света. В качестве примера, на первых трех рисунках показаны графики распределений интенсивностей и интерференционная картина двух точечных источников света. На остальных – интерференционные картины для различного числа и различных местонахождений точечных источников света.



## ПРОГРАММНО-ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС КАК ВИД ПРОГРАММИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ

Т.П. Гордиенко<sup>1</sup>, И.М. Лагунов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> г. Киев, Национальный педагогический университет  
имени М.П. Драгоманова

<sup>2</sup> г. Симферополь, Таврический национальный университет  
имени В.И. Вернадского

В современном учебном процессе важную роль играют как новые компьютерные, так и традиционные технологии обучения. Например, компьютерный и лабораторный практикумы, имеющие самостоятельную ценность [1]. Рассмотрим совместное изучение цикла тем по одному разделу учебного материала компьютерными и лабораторными методами. В результате получим «программно-лабораторный комплекс» (ПЛК) и определим его место в учебном процессе.

Проведем аналогию. В компьютерных технологиях, применяемых в различных областях науки и техники, комплексное использование программных и аппаратных средств всегда более эффективно, чем по отдельности. Более того, рассматривать современные аппаратные средства, базирующиеся на микропроцессорах и микроконтроллерах, отдельно от программного обеспечения вообще невозможно, т.к. их функционирование полностью определяется алгоритмом встроенных программ. Для обозначения такой ситуации в научно-технической литературе часто используется понятие «программно-аппаратные средства», а в Проекте Закона Украины «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» [2] применяется словосочетание «програмно-технічні комплекси».

Напомним, что ранее в научно-методической литературе рассматривались вопросы совместного использования компьютерных и лабораторных работ по одной тематике [3], где первые выполняли роль тренинговой компоненты, а вторые мировоззренческой. Также необходимо отметить ряд научных публикаций по компьютерной реализации отдельных лабораторных работ [4], известных под общим названием «виртуальный лабораторный практикум».

Из анализа современных форм обучения следует, что программно-лабораторный комплекс следует отнести к программированному обучению. Причем, согласно критериям различных форм программированного обучения, следует, что ПЛК ближе всего к линейному программированному обучению. Алгоритм наших рассуждений базировался на следующем:

- программируемое обучение подразумевает разделение учебного материала на небольшие части и «пошаговое» изучение темы, а в ПЛК тема изучается поэтапно, причем, можно выделить два макроэтапа «компьютерный практикум–лабораторный практикум» и многочисленные локальные этапы – выполнение компьютерной работы согласно ее структуре [5] и выполнение заданий лабораторной работы;
- последовательное выполнение заданий данных практикумов показывает на линейный алгоритм действий обучаемого, а значит, относит ПЛК к линейному программированию.



Рис. 1.

На рис. 1 показана последовательность выполнения работы программно-лабораторного комплекса. Из рисунка виден линейный характер процесса обучения при ПЛК.

Для ПЛК выполняются характерные черты программированного обучения [6]: расчленение учебного материала на отдельные небольшие части; включение системы предписаний по последовательному выполнению определенных действий; предъявление заданий по проверке усвоения каждой части; наличие системы, информирующей обучаемого о степени правиль-

ности его действий.

При выполнении работ ПЛК, так же как при линейном программированном обучении, все обучаемые прорабатывают учебный материал подряд (постадийно), различаются лишь темпы его проработки. Для сравнения отметим, что при разветвленном программированном обучении учебный материал дифференцируется в зависимости от правильности предыдущего ответа, что не имеет место в работах программно-лабораторного комплекса.

Следует заметить, что в структуру компьютерных работ может входить система тестирования [7], имеющая линейный или разветвленный алгоритм. Таким образом, на отдельных локальных этапах могут иметь место элементы разветвленного программированного обучения. Однако, с точки зрения методики выполнения работ ПЛК в целом, удельный вес тестирующей системы не является основным.

В научно-методической литературе подчеркивается, что при программированном обучении необходима специальная переработка учебного материала. Таким образом, программная и лабораторные части ПЛК должны быть модернизированы с целью их совместного использования в линейном режиме программированного обучения.

Согласно кибернетическому обоснованию теории и методики программированного обучения необходимо указать «внешнюю» и «внутреннюю» обратные связи. Внешняя обратная связь позволяет преподавателю получить информацию о протекании познавательной деятельности обучаемого, а значит своевременно регулировать учебный процесс. Внутренняя обратная связь позволяет обучаемому получить информацию о правильности своих действий. Определим данные связи для ПЛК (см. рис. 2).

Внешняя обратная связь может быть осуществлена несколькими способами:

- при выполнении компьютерной части ПЛК преподаватель может контролировать процесс выполнения работы отдельного обучаемого в режиме реального времени с одного из компьютерных мест (сетевая технология);
- через просмотр персонализированной базы данных по статистике выполнения компьютерной работы (после ее завершения);

- через систему отчетности обучаемого после выполнения всей работы ПЛК (рабочая тетрадь, собеседование, зачет).

Внутренняя обратная связь осуществляется следующими способами:

- повторным обращением к методическим рекомендациям по выполнению заданий ПЛК;
- использованием системы информационных меню с пояснениями по отдельным элементам интерфейса взаимодействия обучаемого с программной оболочкой;
- работой с системой тестирования, в которой после неверного ответа выдается правильный ответ с подробными пояснениями из соответствующей базы данных.



Рис. 2.

Таким образом, различные типы компьютерных баз данных в работах ПЛК выступают в качестве внешней и внутренней обратных связей.

Для обеих обратных связей возможен общий способ, когда обучаемый обращается непосредственно к преподавателю с кон-

кретным вопросом по учебному материалу или методике выполнения поставленного задания (консультация).

По дидактическим функциям средства ПЛК можно разделить на средства, которые управляют действиями обучаемого на протяжении всего цикла обучения (электронные и традиционные методические пособия, компьютерные места, лабораторные установки и др.) и на средства, которые отвечают за выполнение одной конкретной функции, например, закрепление или контроль знаний (тесты).

Рассмотрим области применения ПЛК. По своей форме ПЛК, как и другие виды программированного обучения, относится к виду самостоятельной работы обучаемых, поэтому его можно рекомендовать к применению в:

- высших учебных заведениях, где самостоятельная работа применяется в большом объеме;
- колледжах и старших классах общеобразовательных школ, где возможна самостоятельная работа такого типа.

В системе дистанционного и заочного образования возможно использование ПЛК частично или в несколько этапов, что связано с применением лабораторного оборудования. Например, рекомендуется следующая последовательность действий:

- компьютерная часть выполняется по месту проживания обучаемого через сеть Internet;
- лабораторная часть выполняется в высшем учебном заведении во время установочной сессии;
- отчет о проведении работ проводится в учебном заведении, после завершения лабораторного этапа ПЛК.

В заключении отметим, что методическая работа по использованию ПЛК, как вида программированного обучения, требует дальнейшего развития. Необходимо решение ряда задач, связанных с анализом учебного материала, его адаптацией к программированному обучению, организацией деятельности преподавателя и обучаемого. По нашему мнению, внедрение программно-лабораторных комплексов в учебный процесс отвечает инновационной политике в системе высшего образования Украины [2] по направлению «сучасні комп'ютерні технології в учбових і

наукових процесах вищих учбових закладів».

#### Литература

1. Лагунов І., Гордієнко Т., Сиротюк В. Порівняльна характеристика лабораторного і комп'ютерного практикумів // Педагогічні науки. Збірник наукових праць. Випуск 15. – Херсон: Айлант, 2000. – С. 198–203.
2. Проект Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки». Концепція наукової, науково-технічної та інноваційної політики в системі вищої освіти України. – Київ: Міністерство освіти і науки України, 2001. – 31 с.
3. Гордиенко Т.П., Лагунов И.М., Самойленко П.И., Сергеев А.В. Применение инновационных технологий при подготовке к лабораторным работам. – М.: Специалист, №12, 2001. – С. 22–25.
4. Образование и виртуальность – 2000. Сборник научных трудов 4-й Международной конференции Украинской ассоциации дистанционного образования. // Под общ. ред. В.А. Гребенюка, В.В. Семенца. – Харьков-Севастополь: УАДО, 2000. – 262 с.
5. Гордієнко Т.П., Лагунов І.М., Скларова І.О. Створення проблемної ситуації засобами інформаційних технологій // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ, 2000. – Вип. 6. – С. 151–154.
6. Ильина Т.А. Курс лекций. Учеб. пособие для ст-тов пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1984. – 496 с.
7. Лагунов І.М., Гордієнко Т.П. Система тестування, як складова частина заняття комп'ютерного практикуму. //Збірник наукових праць. Педагогічні науки. Випуск 24. – Херсон: Айлант, 2001. – С. 126–132.

## **ФОРМУВАННЯ ТВОРЧОЇ ОСОБИСТОСТІ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ПРЕДМЕТІВ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ В ДРОГОБИЦЬКОМУ ПЕДАГОГІЧНОМУ ЛІЦЕЇ**

А.Г. Григорович, О.В. Заяць, Р.М. Хлопик  
м. Дрогобич, Дрогобицький педагогічний ліцей

Творчість – вища форма людської активності та самостійності. Творча діяльність супроводжується високими напруженнями всіх духовних сил, високою цілеспрямованістю, нахненням, емоційністю та несподіваністю мислення.

Творчість дозволяє вийти за межі системи наявних знань, усталеної практики, побачити явище з нової нетрадиційної точки зору, зрозуміти протиріччя, знайти шляхи їх розв'язання. Формування творчої особистості є невід'ємною частиною сучасного навчального процесу, частиною складною та багатогранною.

Ріст учня, як творчої особистості, тісно пов'язаний з позитивною мотивацією навчання, формуванням позитивних інтересів і здібностей, глибокою і надійною системою знань і вмій їх використовувати, високим рівнем абстрактного мислення і пізнавальної активності.

Цикл фізико-математичних наук має особливо великий потенціал формування творчої особистості, бо саме тут закладаються такі основи мислення, як логічність, комбінаторність, синтез і аналіз, наочно-образне та абстрактне мислення і уява.

Впроваджена нами система роботи, спрямована на вирішення проблеми формування і розвитку творчої особистості, складається із кількох напрямків.

Дрогобицький педагогічний ліцей – заклад нового типу з дворічним терміном навчання. Тому перший напрямок системи полягає у пошуку талановитих учнів та ранньою діагностикою їх інтелектуальних можливостей, здібностей і нахилів, залученням до подальшого навчання в ліцеї.

З цією метою нами проводяться очно-заочні олімпіади з фізики та математики для учнів 9-х класів регіону та області, командні змагання на першість шкіл міста, фізичні та математичні фестивалі, турніри, брейн-ринги. Переможці користуються пільгами при вступі до ліцею.

Так, протягом 1998-2001 року участь в олімпіадах взяли 122 учні. З них 11 були зараховані без вступних випробувань, 26 – за наслідками співбесіди.

Наступний напрямок – організація навчально-виховного процесу, яка сприяє розвитку творчих здібностей учнів.

На початку I семестру проводиться нульовий замір знань учнів, згідно якого робиться поділ учнів на підгрупи за рівнем підготовки.

Уроки фізики та математики першого модуля присвячені “вирівнюванню” знань ліцеїстів. Вже знайомий базовий матеріал основної школи повторюється на рівні узагальнення та систематизації. Це дозволяє дітям, що мають якісь “пробіли” у знаннях, “вирівнятися” з учнями, що добре засвоїли даний матеріал, допомагає їм повірити у власні сили і можливості та не комплексувати в подальшому на фоні “сильніших” учнів.

Дрогобицький педагогічний ліцей – школа нетрадиційного типу, яка вимагає від вчителя принципово нового ставлення до роботи і до учня. Тут втілюються в життя сучасні технології навчання, демократичні засади організації педагогічного процесу. Інноваційний підхід до навчання передбачає подолання відірваності шкільної освіти від потреб практики, впровадження гуманних, партнерських взаємин між учителем і учнями, ліквідацію їхньої залежності від поурочного балу.

Широкі можливості для інтенсифікації та оптимізації навчально-виховного процесу, активізації пізнавальної діяльності, розвитку творчого мислення учнів надають нові інформаційні технології навчання як системний метод навчання на базі ПЕОМ.

Однією з особливостей освітніх технологій, впроваджених на уроках фізико-математичного циклу є модульно-рейтингова система оцінювання знань учнів.

Весь навчальний матеріал з предмету поділяється на ряд модулів, замкнених щодо змісту і навчальних завдань. На початку вивчення кожного модуля вчителем визначається і доводиться до учня обсяг теоретичного матеріалу, перелік обов’язкових індивідуальних завдань і творчих робіт.

У рейтинг входять бали учня, отримані за підсумкові контрольні роботи з теми, заліки, інші форми контролю та самостійної роботи, які виконувалися. Не включаються до рейтин-



гу поурочні бали учня, оцінки за індивідуальні заняття, самостійні роботи, що не проводилися з усіма учнями. Кожен учень повинен мати однакові умови для набрання максимальної кількості балів. Рейтингом учня називається сума балів, одержаних з перелічених вище форм контролю.

Відносний рейтинг учня визначається відношенням балів його рейтингу до максимальної суми балів, виражений у відсотках. Відносний рейтинг пропорційно переводиться в оцінку за 12-бальною шкалою. Під час проведення контролю учень може бути відсутній тільки з поважної причини, що підтверджується відповідним документом. У разі негативної оцінки за згодою викладача і з дозволу дирекції ліцею учень може повторно скласти матеріал.

Після закінчення першого року навчання в ліцеї учні здають перевідний екзамен з математики і фізики. Починаючи з 1997-98 н.р. складання письмового перевідного екзамену відбувається в два тури, що дає можливість об'єктивно оцінити знання учнів за рівнями навчальних досягнень (початковий, середній, достатній, високий).

I тур триває 60 хв. і є обов'язковим для всіх учнів. Він складається з 20 тестових завдань, 16 з яких мають варіанти відповідей. Завдання розраховані на оцінювання початкового та середнього рівнів навчальних досягнень (бали 1-6).

Кожен бажаючий з числа тих, хто успішно пройшов перший тур, має право взяти участь у другому, який дозволяє претендувати учневі на достатній та високий рівні навчальних досягнень (7-12 балів). Кількість завдань II туру – 5. Відповіді оцінюються за дванадцятибальною шкалою.

Досвід впровадження даної системи проведення перевідного екзамену свідчить, що вона є об'єктивнішою від традиційної, дозволяє реалізувати диференційований підхід до рівневого оцінювання знань учнів, формує самооцінку та надає дитині право вибору.

Аналіз результатів екзаменів з фізики наведено в таблиці:

Навч. рік	1997/98		1998/99		1999/00		2000/01	
Приймало участь	27	100%	28	100%	28	100%	29	100%
Успішно	25	93%	25	89%	26	93%	26	90%

Навч. рік	1997/98		1998/99		1999/00		2000/01	
пройшли I рів.								
Приймало участь у II рів.	18	67%	17	61%	17	61%	15	52%
Успішно пройшли II рів.	13	48%	11	39%	10	36%	10	34%

Третім напрямком є організація наукової роботи ліцеїстів, їх участь у щорічній науково-практичній конференції та система творчих завдань. Протягом навчання в ліцеї учень повинен виконати і захистити два творчих завдання. Мета творчих завдань – формування у учнів навичок науково-пошукової діяльності у галузі фахових предметів. Теми творчих робіт підбираються в дуже широкому аспекті – від дослідження історичних фактів життя і творчості вчених, історії науки до розв’язання конкретних прикладних задач. Дуже цікаво відбувається захист творчих робіт на науково-практичній конференції. Учні відчують себе “першовідкривачами” і прагнуть поділитися своїми самостійно набутими знаннями з товаришами і вчителями. Захист творчих робіт проходить у формі дебатів, де учень повинен вміти не тільки чітко, лаконічно і логічно висловити свою думку, а й відстояти її та відповісти на численні запитання.

Четвертим напрямком є система позакласних заходів. Зокрема турнірів, фестивалів, брейн-рингів, факультативів, участі в олімпіадах різних рівнів, роботі секцій МАН.

Десятирічне спостереження за випускниками ліцею дозволяє стверджувати, що описаний комплексний підхід освітньої технології формування та розвитку творчої особистості ліцеїста повністю виправдав себе і дозволив утвердитися Дрогобицькому педагогічному ліцею як одному з лідерів серед навчальних закладів регіону, випускники якого вирізняються сформованим почуттям гідності, громадянської активності, ініціативності та відповідальності.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ЯВИЩ

В.Г. Григорович, Р.І. Лукачек

м. Дрогобич, Дрогобицький державний педагогічний університет  
імені Івана Франка, Інститут фізики і математики

Є певний клас фізичних явищ і процесів, які з тих чи інших причин дуже важко провести в шкільній лабораторії, або їх проведення супроводжується певними труднощами, не кажучи вже про різноманітні особливості того чи іншого явища, які при цьому важко помітити і зацентувати на них увагу. Для прикладу це може бути дослідження криволінійного руху тіла, дослідження абсолютно пружного і непружного удару куль, дослідження руху тіла в області великих швидкостей (релятивістська механіка), вивчення явища поширення механічних коливань в середовищі.

Вирішити цю проблему можна за допомогою комп'ютера. На сьогодні існує багато різного роду навчальних програм, які в тій чи іншій формі передають вміст підручників з фізики, роблячи різні мультимедійні демонстрації фізичних явищ та процесів. Але все це має один великий недолік, який полягає в тому, що учень залишається тільки пасивним спостерігачем самого процесу чи явища і не відбувається ніякої взаємодії між комп'ютером і учнем у процесі вивчення і дослідження властивостей самого фізичного явища. Тому в цьому відношенні на порядок вищими є навчально-моделюючі програми, де окрім самої демонстрації явища, або процесу передбачена також можливість активного впливу учня на сам процес або явище. У зв'язку з цим значно зростає ступінь ефективності навчального процесу, навіть якщо цей процес і може бути продемонстрований в шкільній лабораторії вчителем, адже сам учень безпосередньо може проводити і впливати на хід демонстрації фізичного явища або процесу.

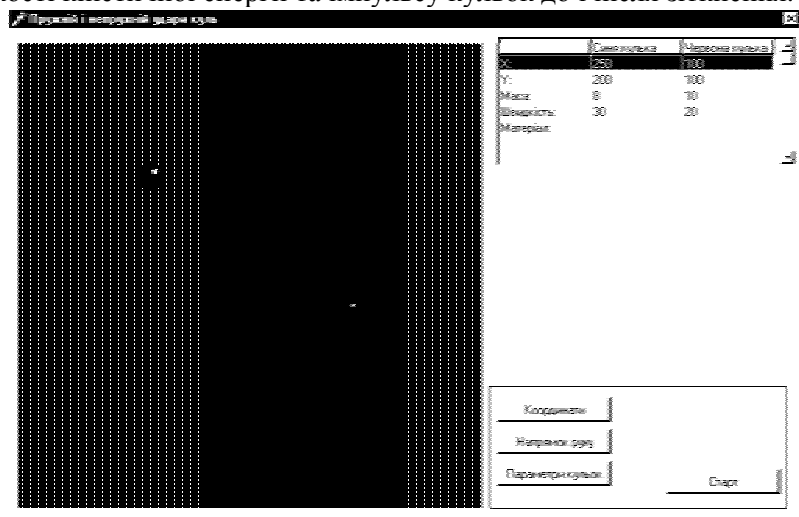
Такі навчально-моделюючі програми дають можливість в процесі навчання краще зрозуміти саму суть фізичного явища чи процесу, дозволяють звернути увагу на особливості, характерні для даного явища, значно краще візуально їх розглянути. Окрім того є можливість проводити лабораторні роботи, при цьому отримувати і аналізувати дані і на основі них робити висновки.

Отже, програми цього класу є потужним інструментом у навчанні і виховуванні майбутніх фізиків, даючи їм знання і кращу уяву про різноманітні фізичні процеси та явища і зокрема про ті, які важко проводити в лабораторних умовах.

Програма “Механіка” дозволяє моделювати такі фізичні процеси і явища:

1. Демонстрація явища збереження закону імпульсу і енергії на прикладі абсолютно пружного і непружного ударів.

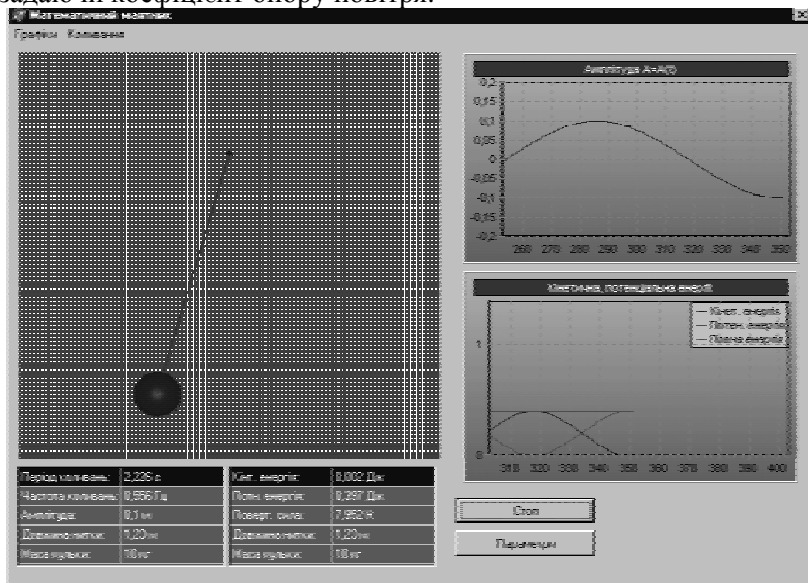
Можна задавати маси, початкові швидкості, початкові координати і напрямок руху кульок. Програма дозволяє візуально спостерігати рух і явище удару кульок, спостерігати напрямок руху кульок після самого зіткнення, отримувати значення швидкості кінетичної енергії та імпульсу кульок до і після зіткнення.



2. Модель математичного маятника.

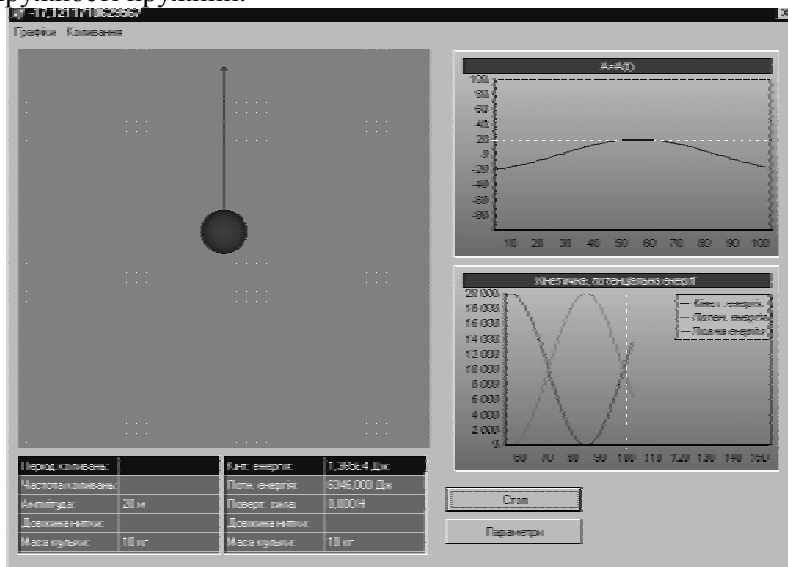
Задається довжина нитки підвісу, амплітуда коливань, маса кульки, коефіцієнт опору середовища. Програма моделює явище коливання математичного маятника. Водночас надається можливість отримувати текучі значення таких фізичних величин, як повертаюча сила, прискорення, відхилення від положення рівноваги. А також будуються різноманітні графіки залежностей різних фізичних величин (кінетична, потенціальна, повна енергія тощо). Також є можливість спостерігати затухаючі коливання,

задаючи коефіцієнт опору повітря.



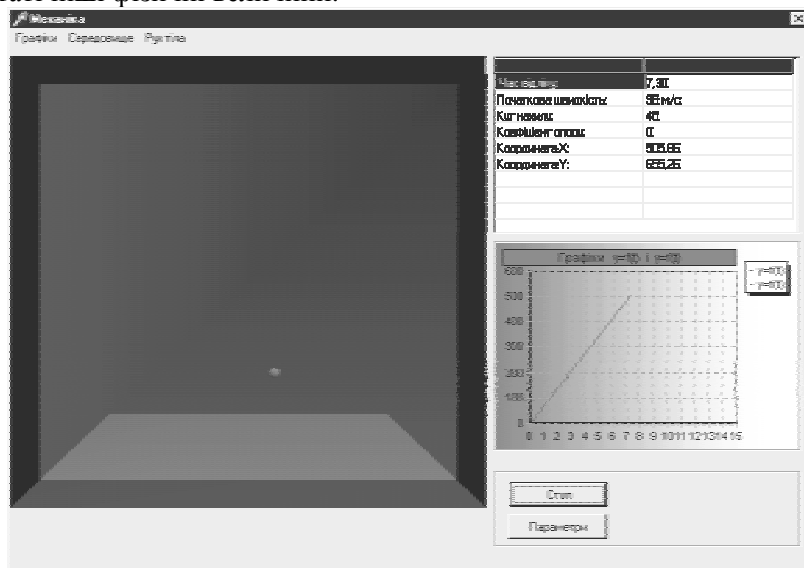
### 3. Модель пружинного маятника.

Задається маса кульки, амплітуда коливань, коефіцієнт пружності пружини.



4. Криволінійний рух тіла на прикладі тіла, кинутого під кутом чи паралельно до горизонту.

Задається початкова швидкість; у випадку коли вектор швидкості паралельний до лінії горизонту, задається висота підняття, а у випадку, коли тіло знаходиться на поверхні землі – задається кут відхилення від горизонту, також можна змінювати коефіцієнт опору повітря. Програма дозволяє спостерігати траєкторію руху тіла, визначати дальність польоту, значення максимального підняття, отримувати час польоту та текуче значення швидкості, спроектованої по координатних осях. Є також можливість вводити певний коефіцієнт опору повітря і спостерігати при цьому траєкторію польоту та визначати в результаті інші фізичні величини.



Крім того, створена програма дозволяє автоматизувати розрахункову роботу фізичного практикуму, який проводиться в Інституті фізики і математики.

## РОЗВИТОК ТВОРЧИХ ЗДІБНОСТЕЙ ОБДАРОВАНИХ ДІТЕЙ ЗАСОБАМИ ФІЗИКИ

Л.В. Гурова

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Проблема пошуку обдарованих дітей та розвитку їх творчих здібностей набула великого значення в психології та педагогіці.

В наших школах кожного навчального року класні керівники подають в міськво паспорт обдарованої дитини. Але немає інструкцій, за якими можна віднести дитину до обдарованих.

Опрацювавши літературу з педагогіки та психології, узагальнюючи досвід вчителів ліцеїв м. Кривого Рогу, які мають значні досягнення, нами зроблена спроба окреслення шляхів пошуку обдарованих учнів та методів роботи з ними.

З психології відомо, що обдарованість – поєднання здібностей, які забезпечують успіх у виконанні будь-якої діяльності.

Обдарованість в основному визначається трьома взаємопов'язаними параметрами:

- випереджаючим розвитком пізнання;
- психосоціальним розвитком;
- фізичними даними.

Випереджаючий розвиток пізнання характеризується різноманітністю активного словникового запасу, винятковою пам'яттю, здатністю класифікувати і систематизувати інформацію. Обдаровані діти легко долають пізнавальну невизначеність, вони мають підвищену увагу і наполегливість в досягненні результату в тій сфері, яка їх цікавить. Крім того обдаровані діти намагаються творчо мислити.

Психосоціальний розвиток визначається дуже розвиненим почуттям справедливості, високим ступенем поєднання реальності та фантазії, яскравою уявою, високим рівнем чутливості.

При виявленні обдарованих дітей педагоги повинні пам'ятати:

- 1) матеріальною основою обдарованості є особливості побудови мозку та нервової системи;
- 2) природні задатки не визначають напрями і рівні розвит-

- ку, вони розвиваються в процесі діяльності;
- 3) у обдарованих дітей рано проявляються здібності, вони швидко засвоюють знання, формують вміння й навички; у них є схильність та інтерес до знань;
  - 4) такі діти мають оригінальне творче мислення.

Тоді, коли обдаровані діти виявлені, треба враховувати наявність їх при роботі на уроці. Для цього необхідно диференціювати учнів за темпами засвоєння матеріалу. Це дає можливість розробити різнорівневі програми навчання обдарованих учнів.

В рамках вивчення фізики з обдарованими учнями треба працювати на високому рівні складності. Але і цього часто буває не досить, бо в наш час від учасників олімпіад вимагають знання деяких питань, що не входять до шкільної програми.

Постає питання: де взяти час, щоб проводити глибоку, всебічну роботу з обдарованими дітьми? Адже на уроках цього встигнути не можливо, та й у класі, крім обдарованих, є інші учні. Виходом з такої ситуації є факультативні заняття і самостійна робота учнів. В позаурочний час обдарованим дітям начитується курс лекцій, а частину матеріалу вони опрацьовують самостійно, одержуючи консультацію у вчителя.

Крім того, щоб стимулювати креативний розвиток всіх учнів, використовуються такі форми роботи: робота учнів в малих творчих групах, рейтингова система контролю, використання різнорівневих завдань та нестандартних задач.

Окремим рядком у роботі з обдарованими дітьми стоять творчі завдання. Робота виконується протягом року і завершується захистом на шкільній конференції. Це дає учням змогу отримати початкові навички опрацювання науково-технічної літератури, написання творчих робіт, їх публічного обговорення.

Особливе місце займають олімпіади з фізики. Вони сприяють отриманню глибоких та міцних знань, розширенню кругозору та формуванню наукового світогляду. При підготовці до олімпіад учням пропонуються експериментальні фізичні задачі на кмітливість, задачі винахідницького характеру.

При роботі з обдарованими учнями треба враховувати, що це особлива група дітей, кожен з яких є унікальним по-своєму, з властивими лише йому особливостями, які створюють індивідуальність дитини і потребують відповідного підходу.



## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ РАСЧЕТОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

С.О. Даньшева, Г.Н. Подус, Е.Г. Копанец  
г. Харьков, Харьковский государственный технический  
университет строительства и архитектуры

Современный уровень развития науки и техники обеспечивает быстрые темпы совершенствования технологических процессов на производстве. Перед высшей школой стоит ряд взаимосвязанных задач, без решения которых невозможна подготовка будущего инженера к активной профессионально-трудовой, творческой деятельности. К этим задачам относятся такие, как вооружение студентов прочными и глубокими знаниями; развитие у них умения учиться, потребности в самообразовании, восприимчивости к существующим научно-производственным проблемам; формирование у будущего специалиста умений генерировать идеи, искать альтернативные решения. Решение этих задач требует совершенствования и развития дидактики высшей школы.

Проблема самостоятельной работы студентов (СРС) в свете тенденций обновления и развития дидактики ВШ приобретает актуальное значение. Эффективность СРС обеспечивается её научно обоснованной организацией.

Реальные пути решения всех сложных задач подготовки специалиста, и, в первую очередь, мировоззренческой, методологической, фундаментальной и специальной профессиональной, возможны при условии обеспечения развивающей и инновационной цели обучения, адекватной цели подготовки специалиста.

Программно-целевой, личностно ориентированный подход в организации СРС предусматривает активизацию развития творческих способностей студентов и создание благоприятных условий для их проявления в процессе фундаментальной и специальной подготовки в вузе.

Как показывают наши исследования, правильно организованная СРС играет важную роль в формировании профессионального самосознания, укрепляет положительное отношение к

избранной профессии, развивает интерес к ней, стимулирует осознанное приобретение профессиональных знаний и умений.

На кафедре физики ХГТУСА в течение ряда лет исследуются вопросы эффективной организации самостоятельной работы студентов. Одним из направлений такой исследовательской работы стало изучение возможностей применения компьютера как средства организации СРС.

Физика традиционно использует самым серьезным образом весь арсенал математических методов. В связи с этим актуальной является разработка вопросов, связанных с методикой проведения компьютерных расчетов по физике, учитывающих специфику изучаемого материала. Поэтому для организации самостоятельной работы можно выделить следующие направления в использовании компьютера: во-первых, для проведения громоздких вычислений, встречающихся как при решении некоторых задач (например, при изучении распределения молекул по скорости и по высоте), так и при рассмотрении теоретического материала (например, для вывода результатов вычислений в графической форме). Это позволяет уменьшить непроизводительные затраты труда студентов, сделать более наглядными и доступными рассматриваемые физические задачи; во-вторых, при помощи компьютерных программ можно проводить обработку результатов физических измерений, включающих представление данных в виде некоторой аналитической зависимости, допускающей проведение над ней обычных математических операций, определение погрешностей эксперимента. В частности, конкретизировать абстрактные математические вычисления, например, методику статистической обработки результатов рассмотреть на встречающейся в строительной практике ситуации: измерение таких физических характеристик, как прочность, плотность.

И, наконец, использовать компьютер для моделирования различных физических явлений, что позволяет визуализировать различные динамические процессы. Благодаря этому студенты быстро могут понять то, что трудно объяснить используя обычный метод изложения материала.

На кафедре физики в настоящее время создан ряд расчетно-графических работ с использованием математического пакета MathCAD. Эти работы проводятся как во время аудиторных за-

нятий со студентами, так и выдаются (на дискетах) студентам для самостоятельной работы во внеурочное время.

В качестве примера ниже приведен порядок выполнения расчетно-графической работы “Тепловое излучение абсолютно черного и серого тела”.

Работа состоит из двух частей. В первой части выполняется следующий объем работы:

1. Вычисляется спектральная плотность излучения абсолютно черного тела ( $r_{\lambda, T}$ ) в заданном интервале длин волн ( $0 - 2 \cdot 10^{-5}$ ) м и температур (300 – 1000) К а также интегральная энергетическая светимость ( $R_T$ ) для этих температур.

2. Вычисляется энергетическая светимость в заданном интервале длин волн ( $3 - 5$ )\* $10^{-6}$  м, ( $8 - 14$ )\* $10^{-6}$  м, ( $4 - 7,8$ )\* $10^{-7}$  м и определяется её отношение к интегральной энергетической светимости.

3. Строятся графики зависимости спектральной плотности излучения от длины волны при 300 К, зависимости интегральной энергетической светимости от температуры и от  $T^4$ . По углу наклона последнего графика определяется постоянная Стефана-Больцмана.

Во второй части работы, используя конкретные экспериментальные данные, полученные при помощи пирометра с исчезающей нитью, для никелевой пластинки строится график зависимости отношения мощности излучения к площади поверхностей пластинки от температуры в логарифмическом масштабе и по углу наклона, зная постоянную Стефана-Больцмана, определяется степень черноты никелевой пластинки.

## ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ВИКЛАДАННІ ФІЗИКИ

О.І. Денисенко

м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський державний аграрний  
університет

Традиційне викладання курсу загальної фізики у вищих навчальних закладах диференційовано на лекції, лабораторні роботи, рішення задач і являє собою сукупність інформаційних технологій, специфіка якої складається в оптимізації ознайомлення студентів з ієрархічно організованим масивом специфічних понять і їх взаємозв'язків, вироблення набору орієнтаційних і швидкісних навичок по користуванню компонентами цього масиву.

Інтенсивний розвиток сучасної комп'ютерної техніки і спеціалізованого програмного забезпечення, зростаюча оснащеність вузів персональними комп'ютерами, необхідність формування у студентів навичок вільного володіння сучасними інформаційними технологіями – визначають актуальність комплексної комп'ютеризації процесу викладання вузівських фундаментальних і технічних дисциплін, у тому числі курсів фізики.

Розглянемо особливості застосування комп'ютерної техніки для таких форм навчального процесу, як лекції, рішення задач і лабораторні роботи.

Викладання теоретичного матеріалу на лекціях традиційно прийнято супроводжувати демонстраційними матеріалами – таблицями, експериментальними демонстраціями фізичних явищ, навчальними фільмами.

Комп'ютеризація лекційної аудиторії для викладання фізики дозволяє істотно поліпшити якість передачі інформаційного потоку від лектора до учнів, а також реалізувати принципово нові механізми викладання лекційного матеріалу, пов'язані з застосуванням можливостей мультимедійних технологій.

Основною метою комп'ютеризації лекційної аудиторії є забезпечення якісного візуального доступу учнів до текстових, графічних, мультимедійних матеріалів, які лектор використовує для ілюстрації лекційного матеріалу.

Найбільш оптимальною конфігурацією комп'ютерного комплексу лекційної аудиторії удається сполучення одного системного блоку з декількома паралельно з'єднаними і рівномірно розподіленими по аудиторії мультимедійними моніторами. Така конфігурація дозволяє забезпечити синхронізацію зображень по всій аудиторії і має переваги як зв'язків між цими параметрами і знаходження алгебраїчного виразу шуканого параметра через задані.

Для цієї мети оптимальна організація навчальної інформації у виді мультимедійної програми, що містить умови задач з гіперпосиланнями на сторінки інформаційної підтримки декількох рівнів складності, що допускає використання в режимах навчання чи контролю.

Використання персональних комп'ютерів дозволяє забезпечити регулювання темпу практичного освоєння навчального матеріалу в залежності від індивідуальних у порівнянні з проекторними системами, так і з локальною аудиторною комп'ютерною мережею.

Специфіка практичних занять по розв'язанню задач переважно складається з придбання учнями навичок розпізнавання фізичних параметрів в умовах, встановлення можливостей учня.

Комп'ютерна система для практичних занять може бути сконфігурована в локальну аудиторну мережу, набір незалежних комп'ютерів з ідентичним програмним забезпеченням. При обмеженості матеріальних можливостей можуть бути використані і один-два комп'ютери для кращих учнів

Особливістю застосування комп'ютерів у лабораторному практикумі по фізиці є можливість використання їх для програмного керування експериментом, синхронізації часу виміру фізичних величин, збору, збереження, математичної обробки даних, оперативної графічної візуалізації отриманої експериментальної інформації.

При цьому комп'ютер лабораторної роботи повинен бути доукомплектований спеціалізованим периферійним пристроєм, що містить у якості основних функціональних елементів аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі і забезпечує інформаційний зв'язок з вимірювальними фізичними приладами і керованими пристроями.

В аудиторії для проведення лабораторного практикуму по фізиці доцільно розподіляти по комп'ютеру на кожну лабораторну роботу для утворення цілісних програмно-апаратних проблемно-орієнтованих дослідницьких комплексів, що могли б використовуватись як матеріальна база для науково-дослідницької роботи студентів.

Насичення вузівських аудиторій комп'ютерною технікою сприяло б застосуванню і розвитку програмних методів диференційованого обліку динамічних показників процесу освоєння студентами учбового матеріалу, підвищенню якості навчального процесу.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ЛЕКЦІЙНОГО КУРСУ І ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНИХ ЗАНЬ НА КАФЕДРІ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАТИКИ З КУРСОМ ФІЗИКИ ТА СПЕЦОБЛАДНАННЯ ТДМА**

В.Д. Дідух, Д.М. Москаль, Р.Б. Ладика, В.П. Марценюк,  
В.І. Кульчицький, І.М. Лашкевич  
м. Тернопіль, Тернопільська державна медична академія

Ефективна підготовка лікаря досягається шляхом поєднання навчального процесу і науково-дослідної роботи студентів протягом всього періоду навчання у вузі.

Для поліпшення рівня викладання дисципліни, на кафедрі значну увагу приділяють написанню сучасних методичних розробок з курсу медичної і біологічної фізики та інформатики.

Видано навчальний посібник – лабораторний практикум з фізики містить апробовані в навчальному процесі лабораторні роботи. Опис кожної з них містить короткі теоретичні відомості, методику виконання роботи і методику математичної обробки одержаних результатів, питання для самопідготовки і самоконтролю, вказано важливість теми, яку вивчають.

Значну допомогу студентам надають створені методичні розробки занять з відповідного курсу, у яких сформульовано мету заняття, відзначено важливість вивчаючої теми, оцінено базовий та вихідний рівні знань та вмінь, наведено контрольні питання до заняття, розглянуто методику їхнього виконання і сфокусовано увагу студентів на питаннях, які повинні знати й уміти студенти.

Поліпшенню ефективності лабораторного практикуму сприяє наявність лікувально-діагностичного центру (ЛДЦ), де студенти не лише знайомляться із сучасною медичною апаратурою, яку використовують у діагностичному й лікувальному процесах, а й сучасними методами дослідження в лабораторіях і клініках. На базі ЛДЦ виконують низку лабораторно-практичних робіт: комп'ютерну топографію, вивчають будову і роботу кісткового денситометра ДРХ-А, досліджують ультразвукову терапевтичну апарату, аналізують роботу електрокардіографа.

Викладаючи лекційний курс, а також проводячи лаборатор-

но-практичні заняття, велику увагу приділено не лише розумінню фізичної природи впливу різних факторів на організм, але й основним принципам профілактики таких впливів.

Особливий акцент на кафедрі приділяють дослідженню впливу на організм людини шуму, вібрацій, ультразвуку, електромагнітного (інфрачервоного, ультрафіолетового, рентгенівського) й іонізуючого випромінювань.

Хоча всі аспекти впливу вказаних факторів на організм ще детально не вивчено, проте знання допустимих норм і засобів щодо відвернення їхнього впливу на організм є необхідне.

Так, приміром, радіаційну небезпеку досліджуваної радіоактивної речовини зручно оцінювати за активністю, яку виражено в одиницях кюрі чи бекерелях. Знаючи активність радіоактивного джерела можна розрахувати потужність експозиційної дози на різних відстанях від нього і таким чином, наприклад, визначити допустимий час перебування поблизу нього. Для оцінювання впливу радіоактивного джерела на організм використовують еквівалентну дозу випромінювання, бо саме вона дозволяє уникнути помилок в оцінюванні радіоактивної небезпеки опромінювання.

Від зовнішнього  $\alpha$ -випромінювання людину захищає природний шар шкіри, що складається з відмерлих клітин, епідермісу.

Для зовнішнього  $\beta$ -випромінювання в організмі людини розглядають три критичних органи: шкіру, м'язеву тканину (сумісно з жировою) і кришталік ока.

Установлено, що опромінювання в інтервалі енергій від 0,1 до 1 ГМєВ небезпечно для шкіри, а при більш високих енергіях – для кришталіка ока.

Відмітьмо, що для захисту очей потрібно окуляри з натрієвого чи калієвого скла, бо свинцеве буде трансформувати фотони у електрони і збільшуватиме потік  $\beta$ -частинок.

Головним фактором радіаційної небезпеки є  $\gamma$ -випромінювання. Принципи захисту від нього такі: захист часом (скорочення часу перебування людини в зоні  $\gamma$ -випромінювання); захист відстанню; захист екрануванням чи поглинанням.

Головними джерелами внутрішнього фонового опромінювання людського організму є такі радіонукліди:



1) природний  $C^{14}$ , який міститься в усіх тканинах організму.  
2) довгоживучий ізотоп калію  $K^{40}$ , який міститься у м'яких тканинах.

3) довгоживучі ізотопи радію  $Ra^{226}$ ,  $Ra^{224}$ , які відкладаються у кістках.

4) короткоживучі ізотопи, приміром, радон і продукти їхнього розпаду, які разом з повітрям потрапляють при вдиханні у легені і відкладаються у дихальних шляхах людини.

Мета навчання – не в тому, щоб дати певний набір фактів і положень, а саме в тому щоб виробити самостійний підхід до кожної фізичної проблеми.

Глибоке засвоєння курсу медичної і біологічної фізики неможливе без розв'язку задач, рівень яких у певних межах має відповідати вимогам навчальної програми.

Однією з форм популяризації і пропаганди наукових знань є олімпіади, які сприяють як відборів талановитої молоді для наукової праці, так і підвищенню її інтересу до неї.

## ПРИНЦИП ІНТЕГРАТИВНОСТІ В ОСОБИСТІСНО-ОРІЄНТОВАНІЙ ОСВІТІ

Г.П. Дмитриченко  
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Принцип інтегративності полягає в розкритті єдності різних, протилежних властивостей і явищ реального світу. Даний принцип сприяє ефективному переходу нашого пізнання будь-чого як цілого на більш високий рівень. Принцип інтегративності виступає основою для визначення «міри» педагогічного впливу на певні сторони особистості учня, не руйнуючи цю особистість як ціле.

Однією з головних задач школи на сучасному етапі є виховання всебічно розвиненої творчої особистості. Лише з такими майбутніми громадянами суспільство може розраховувати на прогресивний розвиток.

Вітчизняні педагоги постійно звертають увагу на необхідність розвитку пізнавальної активності школярів у процесі вивчення фізики. Важливими елементами роботи вчителя фізики з активізації пізнавальної діяльності учнів є розвиток логічного мислення, активізація пізнавального інтересу, організація і забезпечення всебічного і повного засвоєння навчального матеріалу на основі глибокого його розуміння.

Процес навчання буде продуктивним лише за умов, коли учні будуть не лише свідомо засвоювати знання, але й самостійно їх здобувати. Тому завданням вчителя є підбір таких методів і прийомів навчання, застосовуючи які школярі можуть найбільш раціонально й продуктивно розвивати мислення.

Експериментальна перевірка теоретичних наслідків найбільш ефективно проходить при використанні демонстраційного експерименту і фронтальних лабораторних робіт.

Наприклад, при вивченні законів послідовного і паралельного з'єднання провідників на уроці застосування вмінь та навичок у 8-му класі проводиться фронтальний експеримент. Учні отримують різні завдання, їм пропонується самостійно вибрати необхідне, на їхню думку, обладнання, спланувати роботу, викона-

ти дослідження й обробити його результати. Кожен учень одержує свій результат, що виноситься на загальний стенд. Таким чином, отримується великий обсяг даних. Кожен учень, виходячи з усіх одержаних результатів, робить висновки. Ці висновки обговорюються всім класом. Аналіз всіх експериментальних даних дозволяє виявити закономірність: при послідовному з'єднанні провідників відхилення обчисленого значення опору від вказаного на резисторі більше для більших опорів, причому в бік зростання; при паралельному з'єднанні – більше відхилення для менших опорів, але теж в бік зростання. А декілька учнів, маючи змогу доторкатися до резисторів під час дослідження (це було безпечно для життя), виявили ще й таку закономірність: більше нагрівалися резистори з більшим опором при послідовному з'єднанні, але з меншим опором – при паралельному. Ще не вивчивши теми «Теплова дія струму», учні зробили висновок про залежність кількості теплоти, що виділяється на резисторі, від величини опору. Такий урок несе елементи випереджаючого навчання. Так проводять фронтальні лабораторні роботи вчителі Центрально-Міського ліцею м. Кривого Рогу. Лабораторні роботи такого плану можна провести, наприклад, в 11-му класі «Визначення фокусної відстані і оптичної сили збірної лінзи»; в 10-му класі - «Електризація тіл»; в 9-му класі – «Сила тертя»; в 6-му класі – «Сила Архімеда. Умови плавання тіл» і т.д.

На уроці набуття вмінь та навичок у 9-му класі при розв'язуванні задач на тему «Рух тіл під дією різних сил» учням пропонується розв'язати задачу № 293 із «Збірника задач з фізики» під ред. А.П. Римкевича, П.А. Римкевича з різними варіаціями вихідних даних. Кожен учень робить висновки, які обговорюються всім класом.

У 10-му класі пропонується провести семінарське заняття (урок перевірки знань та вмінь) на тему «Проблеми енергетики». Під час доповідей учнів виникають дуже цікаві ідеї щодо використання нетрадиційних джерел енергії (енергії Сонця, вітру припливів і відливів, термоядерної енергії).

Перераховані методи і прийоми навчання виробляють в учнів навички систематизації, аналізу, узагальнення, порівняння. В результаті проведених логічних операцій одержуються нові ґрунтовні знання, формуються стійкі інтереси, пізнавальна ак-

тивність, самостійність, що є передумовою розвитку творчих і конструкторських здібностей учнів.

#### Література:

1. Національна доктрина розвитку освіти України в ХХІ столітті // Освіта, № № 38–39, 2001.
2. Коршак Є.В. Розвиток творчих здібностей учнів у процесі розв'язування експериментальних задач / Тези доповідей на республіканському семінарі з актуалізації питань методики викладання фізики: Чернігів, 16–17 травня 1990.
3. Давидьон А.А. Про лабораторні та практичні роботи з фізики / Методичні знахідки (математика та фізика): Чернігів, 1992.
4. Половина Г.П., Половина О.І. Про деякі методичні прийоми по розвитку творчого мислення у ліцеїстів при вивченні фізики / Зб. Розвиток творчих здібностей учнів у процесі навчання фізиці: Чернігів, 1996.
5. Половина Г.П., Яковлев І.М. Розвиток творчого мислення при вивченні фізики / Тези доповідей на республіканському семінарі з актуальних питань методики викладання фізики: Чернігів, 16–17 травня 1990.

# МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ МИТТЄВИХ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕМЕНТІВ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ВИКЛАДАННІ МЕХАНІКИ

С.М. Єгорова, Т.М. Попова

м. Керч, Керченський морський технологічний інститут

Перетворення системи народної освіти в Україні вимагає створення нових навчальних програм, підручників, пошук нових підходів до структури й змісту матеріалу, з урахуванням тенденцій педагогічних поглядів на зміст, структуру й організацію процесу навчання, на розвиток міжпредметних зв'язків, на взаємозв'язок навчальних програм з різних предметів між собою.

У методичній літературі завжди приділялося і буде приділятися багато уваги проблемам взаємозв'язку фізики і математики. Безперечно, що без знань математики учні не розуміють математичного обґрунтування фізичних явищ, гіпотез і визначення фізичних величин, не вміють розраховувати результати лабораторних робіт і експериментальних задач, не можуть розв'язувати фізичні задачі. За допомогою математичних формул, навчивши учнів вмілому користуванню ними, можна коротко записати основні відомості про фізичні величини, порівняти фізичні поняття, з різних розділах курсу.

Сучасне викладання, на думку В.А. Коробова [3], вимагає органічного сполучення експериментального і теоретичного методів вивчення фізики, виявлення суті фізичних законів на основі доступних школярам понять математики. Такий підхід одночасно забезпечує підвищення рівня математичних знань, формує логічне мислення, усвідомлення єдності матеріального світу. Школярі одержують задоволення, помічаючи, що абстрактні математичні формули і рівняння мають реальне втілення у фізичних процесах.

При розв'язанні фізичних задач перед учнями висуваються вимоги застосовувати грамотно математичні дії. [6]

Стандартні навчальні програми з фізики не можуть бути використані без змін для спеціалізованих фізико-математичних класів. Укладаючи програму з фізики, її прив'язують до програ-

ми з математики. Обидві ці програми розраховуються на деякий рівень знань і усвідомлення того, що вивчається.

Розглядаючи в даній статті питання методики викладання фізики і математики в класах з поглибленим вивченням цих предметів, має сенс зупинитися на проблемі використання деяких елементів апарата математичного аналізу, необхідних для пояснення фізичних явищ і введення деяких фізичних величин у курсі механіки. Це можна здійснити, спираючись на кращу підготовленість учнів з математики у фізико-математичних класах. А це значить, що в програмі з поглибленим вивченням фізики може бути більш широко використаний математичний апарат. Такий підхід дозволяє подавати матеріал і розв'язувати задачі в більш строгій і коректній формі.

Проблема використання елементів вищої математики в середній школі висуває необхідність рішення таких питань:

1) наскільки обґрунтоване застосування елементів математичного аналізу і який його зв'язок із сприйманням учнями;

2) методика добирання і введення понять елементів апарата математичного аналізу для курсу механіки в середній школі.

Що стосується першого питання, то неможливо дати точне і фізично коректне визначення таких фізичних понять, як миттєва швидкість, миттєве прискорення, миттєва кутова швидкість, миттєве кутове прискорення, без застосування у визначенні поняття нескінченно малої величини (НМ), з одного боку. А з іншого боку – при введенні понять математичного аналізу значно знижується ступінь абстрактності математичних понять, що вводяться шляхом їхньої фізичної інтерпретації. Відомо, що формування абстрактного мислення школяра – складний процес, і в старших класах з поглибленим вивченням фізики і математики учні готові до абстрактного сприйняття в силу їх розумового і психічного розвитку. А використання термінологічного апарата математичного аналізу сприяє підвищенню рівня сприйняття учнями абстрактного.

Поза сумнівом, ступінь засвоєння учнями термінології математичного аналізу залежить від вибору методики введення понять. Ми вважаємо за необхідне в цьому плані, по-перше, використання навчальної, довідкової і методичної літератури, орієнтованої на учнів. Причому, перевага повинна бути віддана

виданням з великою кількістю прикладних задач, максимально наближених до рівня сприйняття учнями. По-друге, величезна увага повинна приділятися засобові введення понять математичного аналізу.

Розглянемо, як приклад, задачу на визначення миттєвої швидкості при нерівномірному прямолінійному русі.

Вже той факт, що деяке тіло здійснює прямолінійний рух і за час  $\Delta t$  проходить шлях  $\Delta \vec{S}$ , що залежить від цього проміжку часу, приводить нас до необхідності введення таких основних понять математичного аналізу, як «величина», що може бути постійною і перемінною, «функція», що задає залежність однієї величини (шляху, швидкості) від іншої, незалежної – «аргументу» (часу). Розглядаючи визначений проміжок часу і пройдений за цей час шлях, ми в термінах математичного аналізу говоримо про «збільшення аргументу» і відповідному йому «збільшенню функції». Складаючи їхнє відношення, одержуємо середню

швидкість руху:  $\vec{V}_{\text{сеп}} = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t}$ . Але, як відомо, при нерівномірному

русі середня швидкість не завжди достатньо повно характеризує рух. Іноді важливо знати швидкість у даний момент часу, тобто з погляду математичного аналізу нас цікавить вивчення функції (швидкості) «у малому», тобто за достатньо малий проміжок часу, «у достатньо малому околу точки» області завдання функції. Чим менший проміжок часу, тим величина середньої швидкості  $V_{\text{сеп}}$  буде краще характеризувати рух в момент часу  $t_0$ . Якщо проміжок часу  $\Delta t$  є «нескінченно малою величиною», то значення середньої швидкості  $V_{\text{сеп}}$  прямує до значення швидкості в момент часу  $t_0$  ( $V_{\text{сеп}} \rightarrow V(t_0)$ ). Миттєва швидкість  $V(t_0)$  є «границею» середньої швидкості  $V_{\text{сеп}}$  при  $\Delta t \rightarrow 0$ . Якщо ще відзначити, що така границя відношення нескінченно малого приросту функції  $\Delta S(t)$  до приросту аргументу  $\Delta t$ , коли збільшення аргументу нескінченно мале, називається «похідною» функції в даній точці, то ми одержимо фізичне тлумачення похідної як миттєвої швидкості в даній точці.

Таким чином, нами показано, що тільки одна задача про миттєву швидкість потребує введення і роз'яснення таких понять математичного аналізу, як «величина», «функція», «аргумент», «приріст», «окол точки», «нескінченно мала величина», «границя

функції», «похідна» функції в точці.

Звичайно, частина цих понять, таких як величина, залежність, функція, аргумент, вже відомі з курсу алгебри 6-8<sup>x</sup> класів. А от поняття околу точки, нескінченно малих (надалі НМ) величин, границі функції потребують додаткових роз'яснень.

Виникають істотні труднощі при введенні цих понять, тому в рамках існуючої шкільної програми ввести поняття миттєвої швидкості коректно не вдається. Автори різних підручників по-різному виходять із цієї ситуації, але назвати ці спроби цілком задовільними не можна.

У літературі з вищої математики для школярів даються строгі і водночас зрозумілі визначення вищевказаних понять математичного аналізу. Але одна частина посібників [2, 5, 8] припускає визначення границь функцій через НМ величини, у той час як автори [4, 7] спочатку вводять поняття границі, а потім вже за допомогою його визначають нескінченно малі.

Насправді, це тільки розрізнення, що здаються, так як поняття сучасного математичного аналізу ґрунтуються на розробленому в ХІХ сторіччі методі границь, що по суті тотожний методу нескінченно малих. Але так було не завжди.

Наслідуючи принцип історизму і враховуючи фактор зацікавленості учнів, тут буде доречний стислий історичний екскурс.

Поняття нескінченно малої, границі, похідної пройшли довгий історичний шлях розвитку. Походження поняття границі пов'язано з визначенням площ криволінійних фігур і об'ємів тіл, обмежених криволінійними поверхнями, за допомогою послідовного їх наближення многокутниками і многогранниками. Запропонований Евдоксом Книдським, а потім розроблений Архімедом, цей метод у ХVІІ сторіччі був названий методом вичерпування. Цей метод неявно використовував поняття НМ, пізніше названих «актуально нескінченно малими» (неподільні, постійні величини, що менше будь-яких остаточно малих величин). Їх прообразом послужили «надпочуттєві малі» атоми простору, за допомогою яких Демокрит знаходив площі фігур і об'єми тіл. Найбільший розвиток інфінітезимальні методи Архімеда (від лат. *infinitum* – безкраїсть) одержали на початку ХVІІ сторіччя в



роботах Галілея, Кеплера, Кавальєрі.

Саме тоді була вперше поставлена задача про миттєву швидкість. Вимагалось обчислити швидкість снаряду в деякий момент його польоту. Більше не можна було ділити пройдену відстань на час, як звикли робити математики для обчислення середньої швидкості, тому що НМ величини розумілися як ті, що зникають, а значить актуально рівні нулю, а ділення на нуль не має сенсу.

До кінця XVII сторіччя в Європі утворилися дві значні математичні школи – «острівна», главою якої був Ньютон, і «континентальна» – на чолі з Лейбніцем. Незалежно один від одного ці великі вчені винайшли зручні алгоритмічні процедури, що привели до створення диференціального й інтегрального обчислень.

Лейбніц і його послідовники виходили з вчення про нескінченно малі різниці скінчених величин, а представники англійської школи дотримувалися методу флюксій і ньютонівського методу границь, названого ще методом відношень.

Щоб підвести під свої методи солідну основу, Ньютон узяв за зразок теоретичну механіку і ввів час як універсальну перемінну для всіх функціональних відповідностей. Флюентами він назвав поточні величини, тобто функції. А швидкості, з якими зростають окремі флюенти унаслідок їхнього руху, називаються флюксіями. Через  $o$  (« $o$ » мале) він позначив нескінченно малий момент часу,  $\dot{x}o$ ,  $\dot{y}o$  – нескінченно малі прирости  $x$  і  $y$ . Переконуючись у недостатній строгості поняття НМ, Ньютон прагнув вигнати його зі своїх праць. Тому, розроблюючи свій «метод перших і останніх відношень», раніше позначуваний момент  $\dot{x}o$ , він позначає через  $0$  (нуль), розглядає відношення зміни  $x$  до зміни  $y$ , а потім позбавляється від  $0$  у цьому відношенні. В результаті розгляду функції  $y=x^n$  як флюенти, Ньютон одержує

відношення  $\frac{1}{nx^{n-1}}$ , що називає «останнім відношенням збільшень», що зникають. Щоб пояснити своє «останнє відношення», – грубо кажучи, «границю» – Ньютон вдався до аналогії з механікою і прийняв за образ останнього відношення кінцеву швидкість тіла, що прийшло в деяке положення. Т.ч., Ньютон був першим, хто розв'язав задачу з миттєвої швидкості, давши своє визначення

похідної і засіб її обчислення.

Карно зауважив і розвив думку про те, що метод вичерпування, метод неподільних і теорія межі Ньютона – усе еквівалентно методу нескінченно малих Лейбніца.

Тривалий період переходу від поняття актуально НМ до поняття потенційно НМ знайшов своє завершення в 20-х роках XIX сторіччя в роботах Коші, Больцано, Ейлера. Ці вчені запропонували розглядати НМ величину не з точки зору її розмірів (чи до того вона мала, що дорівнює або не зовсім дорівнює нулю), а як величину, що знаходиться в процесі зміни, необмежено зменшування. Коші чітко говорить про те, що «нескінченно малою» називається перемінна величина, що до відомої стадії своєї зміни стає і потім завжди залишається по абсолютному значенню менше будь-якого позитивного числа, тобто як завгодно малою.

Визначення границі по Коші: якщо значення, послідовно приписувані однієї і тій ж величині, необмежено наближаються до фіксованого значення так, що з деякого моменту відрізняються від нього як завгодно мало, то це останнє називається границею всіх інших.

Незважаючи на чітке визначення поняття границі в 1<sup>й</sup> половині XIX сторіччя, у ньому залишалася ще значна прогалина – не вистачало строгого математичного обґрунтування поняття дійсного числа, не була встановлена безперервність множини дійсних чисел. В 2<sup>й</sup> половині XIX сторіччя, після того як була створена теорія речовинних чисел, ця прогалина була усунута. Опис реального процесу зміни перемінної або зменшення НМ замінюється формальною вказівкою на поведження перемінних, про які йде мова. Був уведений так званий апарат « $\varepsilon$ - $\delta$ ».

Використовуючи « $\varepsilon$ - $\delta$ » мову, дамо поняття  $\delta$ -околу точки  $x_0$ : « $\delta$ -околом точки  $x_0$  називається множина всіх точок  $x$  з області визначення функції, для яких виконується нерівність  $|x-x_0|<\delta$ , що еквівалентно:  $x_0-\delta<x<x_0+\delta$ ».

Проколотим  $\delta$ -околом, тобто який не включає саму точку  $x_0$ , називається множина всіх точок  $x$  з області визначення функції, для яких виконується нерівність ( $0<|x-x_0|<\delta$ ).

Введене поняття  $\delta$ -околу використовуємо для визначення границі функції в точці  $x_0$ : «число  $a$  називається границею функції  $y=f(x)$  при  $x\rightarrow x_0$ , якщо для будь-якого  $\varepsilon>0$ , знайдеться

таке  $\delta > 0$ , що при  $0 < |x - x_0| < \delta$  виконується  $|y - a| < \varepsilon$ , що записується у вигляді:  $\lim_{x \rightarrow x_0} y = a$  ».

А тепер дамо визначення нескінченно малої функції, базуючись на понятті границі: “Функція  $f(x)$  називається нескінченно малою функцією (або просто нескінченно малою) у точці  $x = x_0$  (або при  $x \rightarrow x_0$ ), якщо  $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = 0$ ”.

Без використання поняття границі НМ можна було б визначити так: змінна величина  $\alpha$  називається нескінченно малою, якщо вона змінюється так, що яке б мале позитивне число  $\varepsilon$  не взяти,  $|\alpha|$  і при подальшій зміні величини  $\alpha$  залишається менше  $\varepsilon$ . Тоді говорять, що число  $a$  буде границею перемінної величини  $x$ , якщо різниця  $(x - a)$  є величиною нескінченно малою. Тобто  $\lim x = a$ , якщо  $(x - a) = \alpha$ .

У підтвердженні вищезгаданого зауваження про еквівалентність теорій границь і НМ приведемо теорему про зв'язок границі функції з поняттям НМ:

Для виконання рівності  $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = a$  необхідно і достатньо, щоб функція  $\alpha(x) = f(x) - a$  була нескінченно малою при  $x \rightarrow x_0$ .

З цієї теореми одержуємо спеціальне уявлення для функції, що має в точці  $x = x_0$  межу  $a$ :  $f(x) = a + \alpha(x)$ , де  $\lim_{x \rightarrow x_0} \alpha(x) = 0$ .

Така методика була нами обрана для введення понять нескінченно малої величини і границі, що допомогло нам надалі в суворій і коректній формі дати визначення миттєвої швидкості і миттєвого прискорення.

Ми вважаємо, що у фізико-математичному класі варто дати більш суворе математичне визначення миттєвої швидкості, вводячи поняття НМ величини і границі у такому вигляді, як ми уявили в даній статті. Тому ми визначаємо «миттєву швидкість як границю відношення зміни радіуса-вектора до проміжку часу, за який ця зміна відбулась, у випадку, коли проміжок часу прямує до нуля:

$$\vec{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

Аналогічно ми визначаємо миттєве прискорення, миттєву кутову швидкість і миттєве кутове прискорення, що можна подати у вигляді таблиці (див. таблицю).

Якщо навчальних часів не вистачає для розгляду теорій границь і НМ, і немає можливостей відкоригувати програму з математики, то можна ці питання розглянути на факультативних заняттях.

У фізико-математичних класах учні з інтересом вивчають елементи вищої математики, необхідні для опису фізичних величин, для коректного і глибокого розуміння явищ природи.

**Таблиця. Визначення миттєвих кінематичних величин.**

Миттєвим прискоренням називається межа відношення зміни швидкості до проміжку часу, за який ця зміна відбулася, у випадку, коли проміжок часу прямує до нуля.	$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$
Миттєвою кутовою швидкістю називається межа зміни рогу повороту до проміжку часу, за який ця зміна відбулася, у випадку, коли проміжок часу прямує до нуля.	$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$
Миттєвим кутовим прискоренням називається межа зміни кутової швидкості до проміжку часу, за який ця зміна відбулася, у випадку, коли проміжок часу прямує до нуля.	$\varepsilon = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$

#### Список літератури

1. Глейзер Г.И. История математики в школе. IX–X классы. - М.: Просвещение, 1983. – 352 с.
2. Зайцев И.Л. Элементы высшей математики для техникумов. – М.: Наука, 1972. – 416 с.
3. Коробов В.А. Опыт применения математики в преподавании физики. // Физика в школе. – 1991. – № 4. – С. 23–27.
4. Кудрявцев В.А., Демидович Б.П. Краткий курс высшей математики. – М.: Наука, 1989. – 656 с.
5. Никольский С.М. Элементы математического анализа. – М.: Наука, 1989. – 234 с.
6. Рымкевич П.А., Рымкевич А.П. За математическую культуру на уроках физики. // Физика в школе. – 1961. – № 5. – С. 54–56.
7. Слободская В.А. Краткий курс высшей математики. – М.: Высшая школа, 1969. – 544 с.
8. Фаддеев Д.К., Никулин М.С., Соколовский И.Ф. Элементы высшей математики для школьников. – М.: Наука, 1987. – 336 с.

## ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМИ ІНТЕГРУВАННЯ АЛГЕБРО-ДИФЕРЕНЦІЙНИХ РІВНЯНЬ DS0 І ПРОГРАМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КІЛ LAB У КУРСІ “ТЕОРІЯ КОЛИВАНЬ І ХВИЛЬ”

Г.Г. Злобін, В.Ф. Петрів, П.А. Риковський, Ю.С. Мочульський,  
Л.А. Синицький  
м. Львів, Львівський національний університет  
імені Івана Франка

Для дослідження лінійних та нелінійних коливних систем можна використовувати багато прикладних програм – MatLab, MathCad, Mathematica, Microcap, Microsim, P-Spice і багато інших. Висока ціна ліцензій на ці програми змушує заклади освіти йти на використання так званих “піратських” копій, що призводить на негативних наслідків у морально-етичному плані (студенти мимохіть звикають до привласнення інтелектуальної власності). Універсальність таких систем вимагає певних затрат навчального часу на засвоєння методів роботи з цими системами, що, при обмеженій кількості навчальних годин, зменшує кількість розв’язаних завдань. На кафедрі радіофізики фізичного факультету ЛНУ ім. І. Франка при проведенні практичних занять з курсу “Теорія коливань і хвиль” (17 годин) використовуються власні розробки – програма інтегрування алгебро-диференційних рівнянь DS0 і програма моделювання електронних кіл Lab.

Незважаючи на те, що програма DS0 призначена для чисельного інтегрування алгебро-диференційних рівнянь (коротка інструкція до програми подана у додатку 1), її можна використовувати і для побудови графіків. Нижче подано текст сценарію для дослідження явища накладання (суперпозиції) коливань, а на рис. 1 графік суми перших семи гармонік ряду Фур’є для П-подібного імпульсу.

$$y'=0;$$

$$P=0.001; w=6.28/P;$$

$$x1=1-0.64 * \sin(w*T); x13=x1-0.21*\sin(3*w*T);$$

$$x15=x13-0.13*\sin(5*w*T); x17=x15-0.09*\sin(7*w*T);$$

$$Tmax=0.002;$$

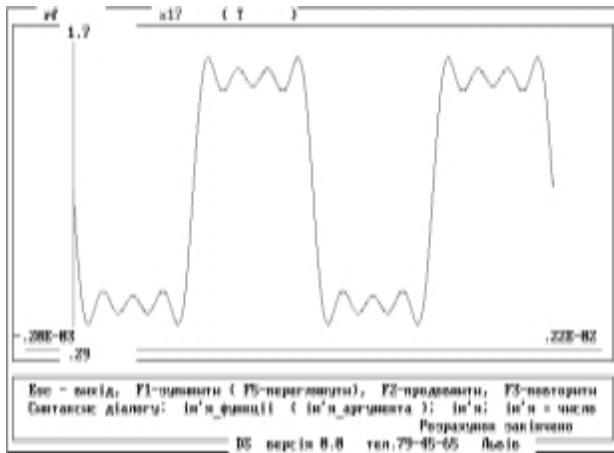


Рис. 1. Графік суми перших семи гармонік П-подібного імпульсу

Для дослідження коливань у резистивній моделі контакту Джозефсона (система ФАПЧ, фізичний маятник з обертанням вала точки підвісу) можна використати наступний сценарій:

$$\begin{aligned}
 \dot{\varphi} &= y; \\
 \dot{y} &= 0.5 - \sin(\varphi) - 0.7 * y; \\
 \varphi &= 0; y = 5; \\
 T_{\max} &= 0.5;
 \end{aligned}$$

На рис. 2 подано фазовий портрет цієї коливної системи.

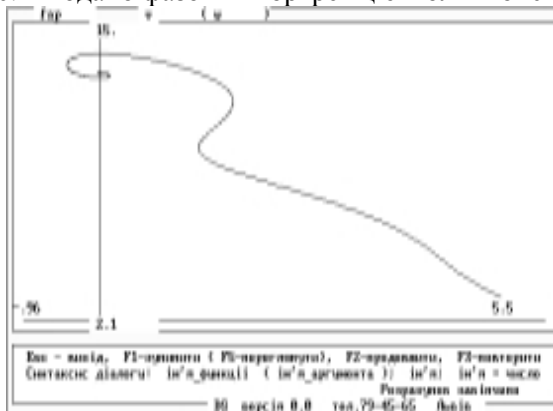


Рис. 2. Фазовий портрет контакту Джозефсона

Наступний сценарій дозволяє дослідити явище виникнення

КОЛИВАНЬ:

$$\begin{aligned}x' &= y; \\ y' &= e * y * (1 - x^2) - x; \\ x(0) &= 0.2; \quad T_{\max} = 200; \quad e = 0.01;\end{aligned}$$

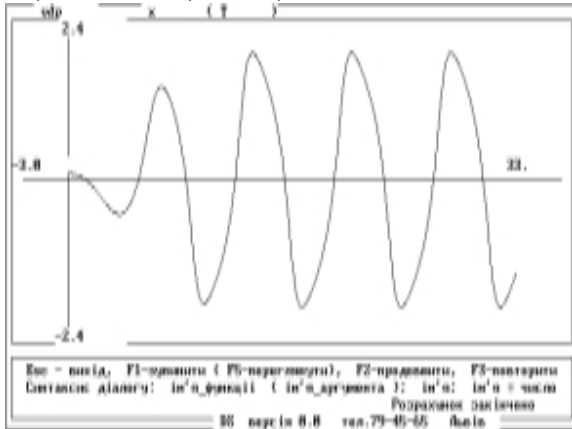


Рис. 3. Графік залежності координати  $x$  від часу

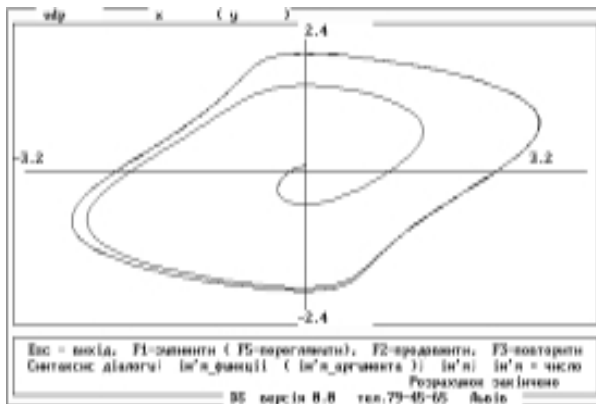


Рис. 4. Фазовий портрет автогенератора

При дослідженні коливних систем електричної природи використовується програма моделювання електронних кіл Lab (у додатку 2 подана коротка інструкція користувача програми Lab). Нижче подані приклади аналізу лінійних електричних коливних систем у режимі вимушених коливаний (рис. 5).

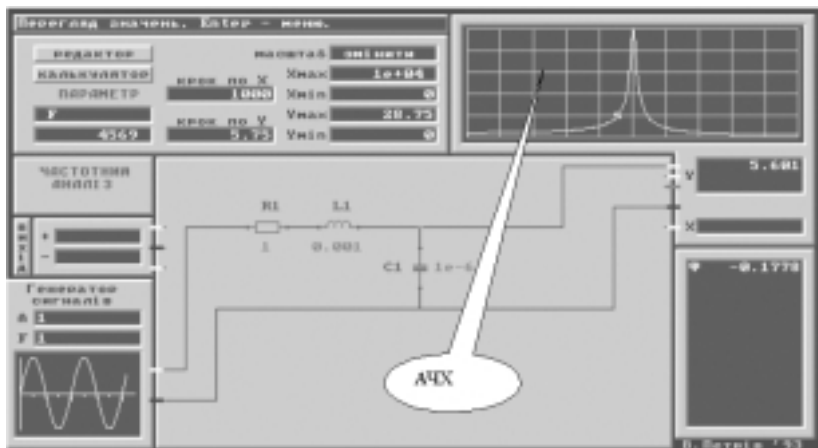


Рис. 5. Залежність амплітуди коливань у RLC-колі від частоти

Практичні заняття з використанням цих програм проводяться у обчислювальній лабораторії фізичного факультету ЛНУ (25 ПЕОМ) одночасно для цілої академічної групи з двома викладачами (поділ академічної групи на дві підгрупи). Кожний студент виконує своє завдання, для якого до початку практичного заняття він повинен отримати числові або якісні результати. Наприклад, при дослідженні явища накладання коливань для заданого викладачем періодичного негармонійного процесу студент повинен аналітично обчислити задану кількість гармонік ряду Фур'є, а на практичному занятті дослідити зміну форми сигналу у залежності від його спектрального складу. При дослідженні вимушених коливань у лінійному електричному колі студент повинен обчислити амплітуду коливань для заданих частот, а на практичному занятті отримати графік залежності амплітуди від частоти у заданому діапазоні частот і співставити його з значеннями амплітуди коливань на заданих частотах.

Обидві програми розроблені за держбюджетною тематикою і поширюються безоплатно. Використання цих програм у навчальному процесі дозволяє досягти таких позитивних результатів:

- студенти працюють з вітчизняним програмним продуктом на легальній основі, а не з краденим закордонним;
- орієнтованість програм на навчальний процес зменшує



- до мінімуму витрати навчального часу на їх освоєння;
- невеликий обсяг цих програм дозволяє використовувати їх на будь-яких ПЕОМ (від IBM-PC.286 з EGA-дисплеєм).

Досвід кількарічного проведення практичних занять з використанням цих програм дає підстави авторам стверджувати, що для проведення занять на сучасному рівні потрібно у першу чергу вести власні розробки прикладного і системного програмного забезпечення на держбюджетній основі. Це дозволить з меншими видатками бюджетних коштів отримати набагато кращі результати, аніж при придбанні міністерством освіти супердорогих закордонних комерційних програмних продуктів.

Додаток 1. Використання програми моделювання динамічних систем DS0 для побудови графічних залежностей та чисельного інтегрування алгебро-диференціальних рівнянь.

Модель динамічної системи у вигляді рівнянь стану записується у вигляді:

$$\mathbf{u} = \mathbf{f}_1( T ) \quad (1)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{f}_2( \mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \mathbf{u}, T ) \quad (2)$$

$$\mathbf{x}' = \mathbf{f}_3( \mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \mathbf{u}, T ) \quad (3)$$

$$\mathbf{0} = \mathbf{f}_4( \mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \mathbf{u}, T ) \quad (4)$$

$$\mathbf{x}(0) = \mathbf{f}_5( \mathbf{C} ) \quad (5)$$

$$\mathbf{z}(0) = \mathbf{f}_6( \mathbf{C} ) \quad (6)$$

де :  $T$  – незалежна змінна, час;

$\mathbf{u}$  – вектор вхідних сигналів;

$\mathbf{y}$  – вектор вихідних та проміжних змінних;

$\mathbf{x}$  – вектор змінних стану;

$\mathbf{z}$  – вектор незалежних алгебраїчних змінних;

$\mathbf{x}(0), \mathbf{z}(0)$  – початкові умови для незалежних змінних;

$\mathbf{C}$  – вектор констант.

В рівняннях типу (2) змінні вектора  $\mathbf{y}$  для кожного окремого рівняння входять тільки або в праву, або в ліву частини рівняння безпосередньо або через інші функціональні залежності.

Вектор-функції  $\mathbf{f}_1, \dots, \mathbf{f}_6$ , представлені довільними арифметичними виразами, записаними за правилами алгоритмічної мови з використанням набору її стандартних функцій, а також умовної функції *if\_then\_else*.

Наведемо декілька загальних правил опису моделі динамічної системи вхідною мовою програми DSO:

- форма запису чисел відповідає формату дійсної константи;
- назви змінних T, H, Tmax – зарезервовані та позначають біжучий час, крок інтегрування, а також максимальне значення змінної T – часу аналізу;

В арифметичному виразі можна використовувати такі функції:

Ім'я	Визначення	Обмеження на аргументи
$x ** y$	піднесення $x$ до степеня $y$	
$\sin ( x )$	синус	
$\cos ( x )$	косинус	
$\text{tg} ( x )$	тангенс	
$\ln ( x )$	натуральний логарифм	$x > 0$
$\exp ( x )$	експонента	
$\text{atg} ( x )$	арктангенс	
$\text{sqrt} ( x )$	квадратний корінь	$x \geq 0$
$\text{abs} ( x )$	модуль	
$\text{min} ( x, y )$	менше з $x, y$	
$\text{max} ( x, y )$	більше з $x, y$	
$\text{mod} ( x, y )$	дробова частина від $x/y$ , помножена на $y$	$y > 0$

Додатково введені функція лінійної інтерполяції (згідно до таблиці інтерполяційних точок):

$\text{tab} (x, \text{ім'я\_таблиці}),$

а також умовна функція чотирьох аргументів:

$\text{if} ( x > y ) \text{ then} ( z ) \text{ else} ( w ),$

яка набуває значення  $z$  при умові  $x > y$ , і значення  $w$  – в протилежному випадку.

Аргументами всіх функцій можуть бути довільні арифметичні вирази.

Текст опису моделі складається з речень, що закінчуються символом  $<;>$ . Речення записуються в довільному порядку і поділяються на типи:

- 1) коментар;
- 2) визначення змінної;

- 3) визначення таблиці;
- 4) алгебраїчні рівняння;
- 5) рівняння стану;
- 6) задання початкових умов.

1) Речення, що починається символом <\*> вважається коментарем і програмою не аналізується:

\* це\_коментар;

2) Рівняння (1) та (2) задаються реченням визначення змінної:

ім'я\_змінної = арифметичний\_вираз;

- 3) Таблиці залежностей задаються за правилами:

ім'я\_таблиці : арг<sub>1</sub>/функ<sub>1</sub>, арг<sub>2</sub>/функ<sub>2</sub>, ..., арг<sub>N</sub>/функ<sub>N</sub>;

де функ<sub>i</sub>, арг<sub>i</sub> – числа, що відповідають значенням ординати та абсциси i-ої точки табличної залежності.

- 4) Алгебраїчні рівняння (4) задаються у вигляді:

0 = арифметичний\_вираз;

- 5) Рівняння системи (3) задаються реченнями виду:

ім'я\_змінної' = арифметичний\_вираз;

Символом <'> позначається похідна по часу. Рівняння, не розв'язані відносно похідної, не допускаються.

б) Початкові умови для незалежних змінних (диференційних та алгебраїчних) задаються реченнями:

ім'я\_змінної(0) = арифметичний\_вираз\_від\_констант;

Якщо початкові умови не задані, вони приймаються нульовими за замовчуванням.

Режим роботи програми DS0 задається директивами. Відзначимо директиву list, за якою в вихідний файл виводиться додаткова інформація про формування моделі.

Для побудови графічних залежностей за допомогою DS0 досить задати рівняння цієї залежності (виду 1)  $u = f(T)$ , мінімальне (T) та максимальне (Tmax) значення інтервалу незалежної змінної та фіктивне диференційне рівняння  $x' = 0$ , потрібне для правильної роботи блоку аналізу. Після набору – натиснути клавішу F1 та в стрічці діалогу набрати запит на виведення графіка функції u(T) підтверджений клавішею Enter.

Для чисельного інтегрування алгебро–диференційного рівняння, наприклад рівняння Ван–дер–Поля, записаного у вигляді  $x'' - \varepsilon \cdot x' \cdot (1 - x^2) + x = 0$  для  $\varepsilon=0.1$  та  $x(0)=0.2$  на проміжку

часу  $T \in [0, 20]$  слід спочатку звести його до системи диференціальних рівнянь першого порядку

$$\begin{cases} x' = y \\ y' = \varepsilon \cdot y \cdot (1 - x^2) - x \end{cases}$$


Завдання на аналіз матиме такий вигляд:

$$x' = y;$$

$$y' = \varepsilon \cdot y \cdot (1 - x^2) - x;$$

$$x(0) = 0.2; T_{\max} = 20; \varepsilon = 0.1;$$

Розв'язок  $x(t)$  можна переглянути на екрані монітора, ввівши у вікні діалогу запит  $x(T)$ .

Додаток 2. Програма Lab призначена для комп'ютерного моделювання процесів в електричних схемах. Після виклику програми на екрані дисплея з'являється вікно (рис. 6) з робочим столом, набором елементів, з яких монтується схема, приладами та допоміжними віконцями і кнопками. Для монтування схеми з допомогою мишки (або пересуваючи курсор клавішами) вибираємо елемент схеми. Натиснувши клавішу *Enter* виносимо елемент на робочий стіл і клавішами переміщення курсора розташовуємо його на потрібному місці. При необхідності елемент можна обернути на  $90^\circ$  клавішею *Tab*. Для фіксації розміщення елемента натискаємо клавішу *Enter*. Для з'єднання елементів схеми натискаємо клавішу *Alt* (при цьому з'являється перо) і, тримаючи її натиснутою, проводимо лінії з'єднання елементів. Якщо лінії з'єднання перетинаються під прямим кутом, то вважається, що вони з'єднані. Для перетинання ліній без їх з'єднання перетин роблять з допомогою петлі . Напругу на схему можна подавати з джерела постійної напруги (див. рис. 6) або генератора сигналів, який може подавати сигнали різної форми. Значення напруги і частоти задають навівши курсор на відповідне віконечко (при цьому воно виділяється) і натиснувши клавішу *Enter*. Ввівши у віконечко потрібне значення, знов натискаємо клавішу *Enter*. У лівому верхньому віконечку ми бачимо допоміжні вказівки.

Сформовану з елементів та провідників схему можна записати у файл і потім, при потребі, прочитати її.

Для спостереження зміни напруги маємо осцилограф. Під

екраном осцилографа розміщено три входи (білий, жовтий, червоний промені) вертикального відхилення (Y), вхід горизонтального відхилення (X) та корпус приладу. Під'єднавши їх до елементів схеми, можна спостерігати залежність напруг від часу або однієї напруги від іншої. Клавіша "Опції" дозволяє вибрати вид аналізу: розрахунок перехідного процесу, розрахунок частотної характеристики і розрахунок по постійному струму. Вид аналізу вказує зірочка, яку пересуваємо клавішами. Для кожного виду аналізу у відповідному рядку задаються параметри аналізу.

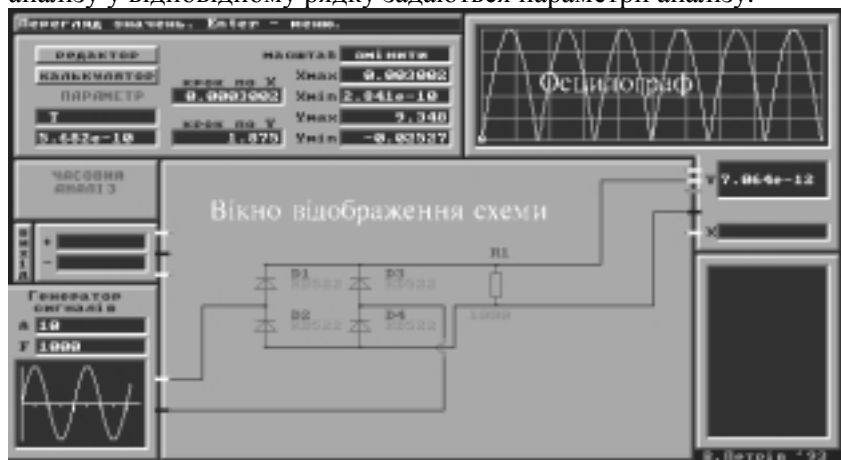


Рис. 6. Вікно програми Lab.

Для розрахунку перехідного процесу задаються: максимальний час розрахунку (в секундах або періодах вхідного сигналу), точність розрахунку, кількість точок, для яких робимо розрахунків, метод розв'язування диференціальних рівнянь та початкові умови.

Для розрахунку частотної характеристики необхідно до схеми під'єднати генератор і виставити на ньому довільні параметри. У рядку для частотного аналізу задаємо початкову і кінцеву частоту, для яких рахується частотна характеристика (в герцах або кратна частоті генератора), кількість точок розрахунку, зміну частоти по осі ординат по арифметичній або геометричній прогресії.

Для зміни номіналів елементів схеми достатньо підвести курсор до запису номіналу на робочому столі і відредагувати цей запис.

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

В.О. Ківа

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Розвиток педагогічної освіти в цілому та підготовка висококваліфікованих вчителів фізики загальноосвітньої школи зокрема неможливі без врахування прогнозів розвитку науково-технічного прогресу та адекватного корегування і систематичного оновлення змісту навчальних програм.

Сьогодні вчителі відчувають складнощі перехідного періоду у використанні технічних засобів в навчально-виховному процесі, пов'язаного з наявністю застарілих і недосконалих технічних засобів: катушечних магнітофонів, програвачів грамплатівок, кіно- та графопроекторів, фільмоскопів тощо. Це пояснюється появою сучасних значно досконаліших технічних засобів: відеопроєкторів, що дають яскраве зображення на проєкційних екранах розміром в десятки квадратних метрів; камеркордерів, що дозволяють отримувати динамічні кольорові зображення зі зміною масштабу в сотні разів, високоякісну графіку з виведенням її на проєкційний екран без погіршення якості зображення при багаторазових повторях; демонструвати фізичні явища в прямому й зворотному напрямках; супроводжувати відеозображення як реальним, так і синтезованим стереозвуком; створювати навчальні слайдфільми, відеотеки графіків, малюнків, текстів, таблиць, звукового супроводження і т.п.; застосовувати записуючі програвачі мінідисків та різноманітні комп'ютерні пристрої. Однак сучасні технічні засоби мають значно вищі ціни і тому малодоступні загальноосвітнім школам.

Фізика як один з найскладніших предметів загальної освіти потребує подальших пошуків шляхів вдосконалення її викладання і, зрозуміло, без використання сучасних технічних засобів цю задачу розв'язати не під силу.

Крім цього, не втратили свого значення й різноманітні аматорські технічні пристрої при викладанні фізики. Особливою популярністю серед вчителів фізики користуються технічні конструкції контролю засвоєння знань.

Досить ефективним є розроблений і виготовлений нами відносно простий стенд (рис. 1) для перевірки засвоєння учнями знань з фізики, який з успіхом використовується вчителями хімії, математики, географії.

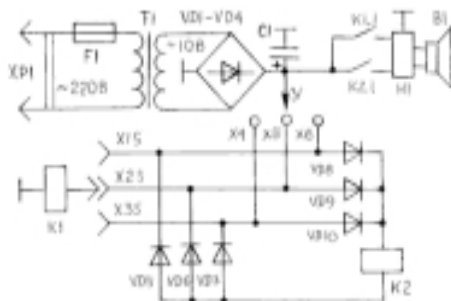


Рис. 1. Схема контролюючого пристрою

Пристрій виготовлений на поширених і доступних деталях. При вмиканні штепсельної вилки XP1 в освітлювальну мережу напруга 220В понижується трансформатором T1 приблизно до 10В і випрямляється містковою схемою, зібраною на діодах VD1-VD4. Конденсатор C1 згладжує пульсації струму. На стенді біля кожного з гнізд X1, X2, X3 (кількість їх може бути довільною) розміщено певне запитання. В іншому місці стенду наведені відповіді на поставлені запитання, і біля кожної відповіді розташований один із контактів X4, X5, X6 і т.д.

Гнізда біля запитань і контакти біля відповідей мають гальванічні зв'язки згідно принципової схеми. Реле K1, наприклад, ввімкнене до гнізда X2. Якщо указкою “У” торкнутись контакту X5, то спрацює реле K1 і своїми контактами K1.1 замкне коло пристрою Н індикатора звуку солов'я. Якщо ж торкнутись будь-якого іншого контакту, наприклад X6, то струм піде через діод VD10, реле K2, діод VD6, реле K1 до мінуса випрямляча. При цьому спрацює лише реле K2, оскільки реле різні: струм спрацювання реле K1 вибраний в декілька разів більший, ніж K2. Отже замкнуться контакти K2.1 і ввімкнеться коло імітатора “сирена”, про що сповістить гучномовець B1. При правильній відповіді струм через реле K2 не проходить.

Учні з цікавістю працюють із цим пристроєм.

## МІЖПРЕДМЕТНІ ЗВ'ЯЗКИ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ ТА ЛІТЕРАТУРИ З ФІЗИКОЮ

К.М. Козіна

м. Кривий Ріг, Середня школа №99

Гармонійний розвиток особистості, її освіта й виховання як складний і взаємозв'язаний процес вимагає органічного поєднання у свідомості молодої людини знань та вмінь, набутих на уроках різних предметів, що забезпечує повне і всебічне охоплення всіх властивостей, сторін, виявів об'єкта вивчення. Ось чому особливої ваги набули міжпредметні зв'язки.

Потреба у встановленні таких зв'язків у процесі вивчення різних дисциплін була давно визнана передовими педагогами. Так, Я.А. Каменській вважав, що різнорідні знання виростають з одного кореня – навколишньої дійсності, що суб'єктивно нове знання є органічним нарощуванням, природним збагаченням уже засвоєних знань, що міжпредметні зв'язки є необхідною умовою для формування цільної, чіткої системи знань.

Слід визнати, що зв'язок фізики з українською мовою та літературою не є таким широким, як, наприклад, зв'язок фізики з математикою. У своїй практиці я помітила, що чим більше пов'язуєш “далекі” предмети, тим захопленіше учні вивчають матеріал. Тому на своїх уроках намагаюся використовувати зв'язки з предметами політехнічного циклу. Особливу зацікавленість виявляють учні під час зв'язку української мови та літератури з фізикою. Готуючись до таких уроків, ретельно продумую не тільки те, який навчальний матеріал і за допомогою яких методичних прийомів слід подавати учням, а й які вміння з вже освоєних учнями використати, які формувати, як скористатися з умінь та навичок, набутих під час вивчення фізики.

На уроках української мови під час вивчення синтаксису, стилістики добираю тексти наукового стилю з фізичною тематикою. Дуже цікавими для синтаксичного розбору, а також для розглядів стилістичних засобів синтаксису є речення дібрані з підручника фізики. Такі речення учні 9–11 класів аналізують з задоволенням. У 9-му класі для закріплення теми “Складнопідрядне речення з підрядними умови, причини і



наслідку” пропоную учням виготовити картки, в які вони випишуть зразки речень зі свого підручника з фізики. Під час вивчення теми “Складне речення з кількома підрядними” учні сильної групи одержують завдання: ознайомитись з матеріалом фізики, визначити, які типи складних речень з кількома підрядними найбільш використовуються, і вмотувати таке використання.

На уроках української літератури учні теж відчувають необхідність у зв'язку з фізикою. Аналізуючи твір І. Драча “Чорнобильська мадонна”, учні повинні підготувати повідомлення про ядерний реактор та ланцюг реакцій, які відбуваються у ньому. Учні, які були на уроці фізиками-експертами, приготували ще цікаву розповідь з історії фізики про походження ядерного реактора, а також супроводжували свою розповідь діафільмом і таблицями.

Зіставляючи свої знання з основ наук, учні мають можливість самостійно осмислити різні проблеми, явища, набувати знання не лише шляхом запам'ятовування готової інформації, а й зусиллям власної думки. Виробляється вміння поєднувати свої знання з курсів різних предметів у струнку систему, органічно пов'язувати їх з сучасною дійсністю. Це сприяє наближенню школи до життя, викладання шкільних предметів – до всебічного розвитку особистості.

## ВЛАСТИВОСТІ СТРУМІВ ЗМІЩЕННЯ

О.А. Коновал

м. Кривий Ріг, Європейський університет фінансів, інформаційних систем, менеджменту і бізнесу, Криворізький підрозділ

Показано, що при рівномірному і прямолінійному русі протона з довільною за величиною швидкістю ( $v < c$ ) в будь якій точці простору магнітне поле створюється тільки струмами зміщення [1, 2, 3, 9].

Для ситуації показаної на рис. 1 густина струму зміщення в будь-якій точці простору А ( $x, y, z$ ) визначається:

$$\vec{j}_{zm} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \left[ \frac{3qv(1-\beta^2)(x-vt)^2}{4\pi\{(x-vt)^2 + \rho^2(1-\beta^2)\}^{5/2}} - \frac{qv(1-\beta^2)}{4\pi\{(x-vt)^2 + \rho^2(1-\beta^2)\}^{3/2}} \right] \vec{i} + \frac{3qvy(1-\beta^2)(x-vt)}{4\pi\{(x-vt)^2 + \rho^2(1-\beta^2)\}^{5/2}} \vec{j} + \frac{3qvz(1-\beta^2)(x-vt)}{4\pi\{(x-vt)^2 + \rho^2(1-\beta^2)\}^{5/2}} \vec{k} \quad (1)$$

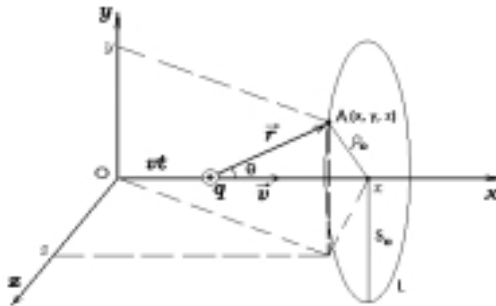


Рис. 1. Струм зміщення і магнітне поле протона, який рухається з  $v = const$ .

А магнітне поле в т. А може бути визначене або з використанням теореми про циркуляцію вектора  $\vec{H}$  [1, 2], або користуючись рівнянням Максвелла в диференціальній формі:

$$rot \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (2)$$

В результаті одержуємо:

$$H_z(x, y, z, t) = \frac{qv \cdot (1 - \beta^2) \cdot y}{4\pi \cdot \left\{ (x - vt)^2 + \rho^2 \cdot (1 - \beta^2) \right\}^{3/2}} \quad (3)$$

$$H_y(x, y, z, t) = - \frac{qv \cdot (1 - \beta^2) \cdot z}{4\pi \cdot \left\{ (x - vt)^2 + \rho^2 \cdot (1 - \beta^2) \right\}^{3/2}} \quad (4)$$

$$\vec{H} = \frac{q \cdot [\vec{v}\vec{r}] \cdot (1 - \beta^2)}{4\pi r^3 (1 - \beta^2 \sin^2 \theta)^{3/2}}, \quad (5)$$

де  $\vec{r}$  – радіус-вектор, проведений із миттєвого положення протона в дану точку поля,

$$\vec{r} = (x - vt)\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}, \quad \sin^2 \theta = \frac{\rho^2}{r^2}, \quad \beta = \frac{v}{c},$$

$c$  – швидкість світла в вакуумі,  $\theta$  – кут між  $\vec{r}$  та  $\vec{v}$ ,  $\rho^2 = y^2 + z^2$  (рис. 1).

Такий же вираз для  $\vec{H}$  впливає і з вимог спеціальної теорії відносності до опису взаємодії рухомих протонів [4].

Подібний аналіз проведений в [5, 6] для нерелятивістських швидкостей руху протона. Особливо слід відмітити роботу [6].

Нехай в момент  $t=0$  заряджена частинка радіуса  $r_0$  знаходиться в т. О і перетинає площину YOZ. Знайдемо потік вектора  $\vec{j}_{зм}$  через сферичну поверхню радіуса  $\rho_0$ , центр якої співпадає з т. О (рис. 2).

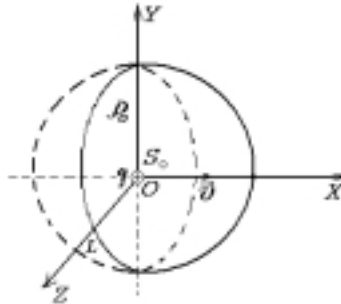


Рис. 2. Струм зміщення протона, який рухається з  $\vec{v} = \text{const}$ , через сферичну поверхню та через плоску поверхню  $S_0$ .

Тоді, користуючись, наприклад, методом проектування на одну з координатних площин [7] одержуємо:

$$P = \oint_S \vec{j}_{зм} \cdot d\vec{S} = \iint (\vec{j}_{зм} \cdot \vec{n}_0) \cdot \frac{dx \cdot dy}{|\cos \gamma|} =$$

$$= \int_{-\rho_0}^{\rho_0} dx \cdot 2 \cdot \int_0^{\sqrt{\rho_0^2 - x^2}} (\vec{j}_{зм} \cdot \vec{n}_0) \cdot \frac{dy}{|\cos \gamma|}, \quad (6)$$

де  $\vec{n}_0 = \frac{\nabla(x^2 + y^2 + z^2 - \rho_0^2)}{|\nabla(x^2 + y^2 + z^2 - \rho_0^2)|} = \frac{x\vec{i} + y \cdot \vec{j} + z\vec{k}}{\rho_0}$  – одиничний

орт нормалі до поверхні  $z=f(x,y)=\sqrt{\rho_0^2 - x^2 - y^2}$ ,

$$\cos \gamma = \cos(\vec{n}_0, z) = \frac{1}{\sqrt{1 + (f'_x)^2 + (f'_y)^2}} = \frac{z}{\rho_0}$$

Підставивши  $\vec{j}_{зм}$  із (1), для повного потоку струму зміщення через замкнену поверхню, одержуємо 0, (хоча такий результат можна передбачити і із загальних міркувань, виходячи із симетрії задачі), а потік вектора  $\vec{j}_{зм}$  через поверхню правої півсфери (рис. 2) дорівнює:

$$\frac{q \cdot v}{2\rho_0 \cdot \sqrt{1 - \beta^2}} \quad (7)$$

Сила струму переносу через поверхню  $\delta S_0$ , сумірну з розмірами частинки, зумовленого переміщенням зарядженої частинки радіуса  $r_0$  з рівномірно розподіленим зарядом по поверхні  $\epsilon$ :

$$\vec{j}_{nep} = \frac{qv}{2r_0 \cdot \sqrt{1 - \beta^2}} \quad (8)$$

Оскільки в кожній точці площини YOZ

$$\vec{j}_{зм} = - \frac{qv}{4\pi \cdot \sqrt{1 - \beta^2} \cdot \rho^3} \cdot \vec{i}, \quad (9)$$

то повний струм зміщення  $i_{зм}$  через зовнішню поверхню, що межує з  $\delta S_0$  буде:

$$i_{зм} = \int_{r_0}^{\infty} \vec{j}_{зм} \cdot 2\pi\rho \cdot d\rho \cdot \vec{i} = - \frac{qv}{2r_0 \cdot \sqrt{1 - \beta^2}}. \quad (10)$$

Щоб уникнути нескінченності на нижній межі інтегрування, необхідно припустити, що розміри заряджених частинок не мо-

жуть бути нульовими.

Це означає, що повний струм зміщення через всю площину (за винятком  $\delta S_0$ ) чисельно дорівнює струму переносу  $i_{nep}$  через  $\delta S_0$ , але протилежно напрямлений.  $i_{nep} + i_{3M} = 0$ , що відповідає замкненому характеру повного струму.

Для струму зміщення  $i'_{3M}$  через поверхню  $S_0 - \delta S_0$  ( $S_0 = \pi r_0^2$ ) маємо:

$$i'_{3M} = \int_{r_0}^{\rho_0} \vec{j}_{3M} \cdot d\vec{S} = \frac{qv}{2\sqrt{1-\beta^2}} \cdot \left( \frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{r_0} \right), \quad (11)$$

а для струму зміщення через поверхню  $S$ , що межує з  $S_0$  одержуємо:

$$i''_{3M} = \int_0^{\infty} \vec{j}_{3M} \cdot d\vec{S} = -\frac{qv}{2\rho_0\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (12)$$

Таким чином результуюча сила струму через  $S_0$ :

$$i_p = i_{nep} + i'_{3M} = \frac{qv}{2\rho_0\sqrt{1-\beta^2}} \quad (13)$$

і цей результуючий струм замикається струмом зміщення  $i''_{3M}$ :

$$i_p + i''_{3M} = 0 \quad (14)$$

Магнітне поле в точках контура  $L$  може бути знайдене (в момент  $t=0$ ) з допомогою теореми про циркуляцію вектора  $\mathbf{H}$  (але при цьому треба враховувати результуючу силу струму через  $S_0$  (13)). Також можна впевнитися, що, і  $\vec{j}_{3M}$  в цій точці створює теж магнітне поле (3), (4), тому що:

$$\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} = j_{3M} = -\frac{qv}{4\pi \cdot \sqrt{1-\beta^2} \cdot (y^2 + z^2)^{3/2}}. \quad (15)$$

На контур  $L$  спирається права півсфера і потік вектора  $\vec{j}_{3M}$  через поверхню її (7) дорівнює результуючій силі струму через  $S_0$ .  $S_0$  і півсфера утворюють замкнену поверхню. Це означає, що, навіть коли заряджена частинка перетинає будь-яку замкнену поверхню, сумарна сила струму через таку поверхню дорівнює нулю.

Розглянемо провідник довжиною  $l_0$  з струмом, що зумовлений рухом заряджених частинок з дрейфовою швидкістю

$\mathbf{v}=\text{const}$ .

Кожен елементарний відрізок лінійного провідника зі струмом можна розглядати як заряд величиною  $dq = \tau dl$ , що рухається з  $\mathbf{v}=\text{const}$  (де  $\tau = \frac{q \cdot n \cdot S}{\sqrt{1 - \beta^2}}$  – лінійна густина заряду,  $q$  –

величина заряду кожної із частинок, які внаслідок руху утворюють струм,  $n$  – концентрація їх,  $S$  – площа поперечного перерізу провідника), рис. 3.

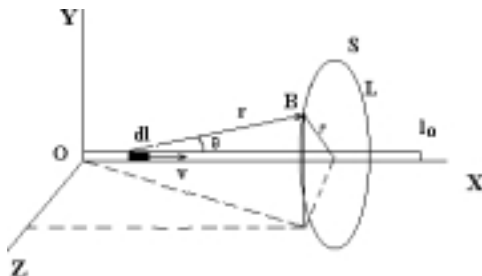


Рис. 3. Струм зміщення відрізка постійного струму.

Тоді, сумарна густина струму зміщення в довільній т. В дорівнює:

$$\begin{aligned}
 J_{\text{зм}} &= \int_0^{l_0} \vec{j}_{\text{зм}} \cdot dl = \\
 &= \left[ -\frac{v\tau \cdot u^3}{4\pi \cdot \rho^2 \cdot \{u^2 + \rho^2 \cdot (1 - \beta^2)\}^{3/2}} + \right. \\
 &\left. \left[ +\frac{v\tau \cdot u}{4\pi \cdot \rho^2 \cdot \{u^2 + \rho^2 \cdot (1 - \beta^2)\}^{1/2}} \right]_0^{l_0} \cdot \vec{i} + \right. \\
 &\left. + \left[ \frac{v\tau \cdot (1 - \beta^2)}{4\pi \cdot \{u^2 + \rho^2 \cdot (1 - \beta^2)\}^{3/2}} \cdot (y\vec{j} + z\vec{k}) \right]_0^{l_0} \right], \quad (16)
 \end{aligned}$$

де  $u = x - l_0$ .

Взявши, наприклад, тільки складову  $(J_{\text{зм}})_y$  і використовуючи (2) для  $H_z$  після інтегрування відповідного рівняння, одержуємо:

$$H_z = \frac{v\tau \cdot y}{4\pi \cdot \rho^2} \cdot \left[ \frac{l_0 - x}{\sqrt{(x-l_0)^2 + \rho^2 \cdot (1-\beta^2)}} + \right. \\ \left. + \frac{x}{\sqrt{x^2 + \rho^2 \cdot (1-\beta^2)}} \right]. \quad (17)$$

Для напруженості магнітного поля (МП) в т. В, оскільки  $H_z = H \cdot \frac{y}{\rho}$  (поле виникає внаслідок руху носіїв заряду по відрізка провідника довжиною  $l_0$ ), одержуємо вираз:

$$H = \frac{v\tau}{4\pi \cdot \rho} \cdot \left[ \frac{l_0 - x}{\sqrt{(x-l_0)^2 + \rho^2 \cdot (1-\beta^2)}} + \frac{x}{\sqrt{x^2 + \rho^2 \cdot (1-\beta^2)}} \right], \quad (18)$$

що в нерелятивістському випадку співпадає з загальновідомою формулою для Н.

Сила струму зміщення через плоску поверхню круга радіуса  $\rho$

$$I'_{зм} = \int_0^{l_0} dx \cdot \int_0^{\rho} \vec{j}_{зм} \cdot 2\pi\rho \cdot d\rho \cdot \vec{i} = \\ = \frac{v\tau}{2} \cdot \left[ \frac{l_0 - x}{\sqrt{(x-l_0)^2 + \rho^2 \cdot (1-\beta^2)}} + \frac{x}{\sqrt{x^2 + \rho^2 \cdot (1-\beta^2)}} \right] \quad (19)$$

Тільки в тому випадку, коли провідник нескінченно довгий, то  $I_{зм} = v\tau$  (при довільній величині радіуса  $\rho$ ) і дорівнює  $I_{пер}$  – так званому струму переносу.

А струм зміщення через всю поверхню  $S = \pi\rho^2$ , що межує з  $\pi\rho^2$ , дорівнює:

$$I''_{зм} = -\frac{v\tau}{2} \cdot \left[ \frac{l_0 - x}{\sqrt{(x-l_0)^2 + \rho^2 \cdot (1-\beta^2)}} + \right. \\ \left. + \frac{x}{\sqrt{x^2 + \rho^2 \cdot (1-\beta^2)}} \right] \quad (20)$$

Таким чином,  $I'_{зм} = -I''_{зм}$ , струм зміщення  $I'_{зм}$  через  $\pi\rho^2$  зами-

кається струмом  $I''_{зм}$  через поверхню  $S - \pi\rho^2$ , що межує з  $\pi\rho^2$  для плоскої поверхні будь-якого радіуса при довільній швидкості носіїв заряду. Для швидкостей  $v \ll c$  ця властивість струмів зміщення вперше відмічена в [8]. Але на відміну від ситуації, зображеної на рис.2, в якій струм переносу і струм зміщення через  $S_0$  додаються (13), при розгляді провідника зі струмом (рис.3) реальний (фізичний) струм через  $\pi\rho^2$  дорівнює тільки струму зміщення (19) (див. також [8]).

Ми бачимо, що фізичною причиною виникнення МП являється тільки струм зміщення. Реалізація такої методики обґрунтування й пояснення дає загальновідомі формули для  $\mathbf{H}$  (при  $v \ll c$ ) (3), (4), (17), (18). В ці формули входить комбінація величин, яку називають силою електричного струму, але не  $I_{неп} = \frac{dq}{dt}$  породжує МП. В загальноприйнятій методиці знаходження  $\mathbf{H}$  з допомогою закону Біо-Савара та теореми про циркуляцію вектора  $\mathbf{H}$  (за допомогою формул принципово основаних на дальності) використовується  $I_{неп}$ , хоча очевидно, що формальна по суті величина  $\frac{dq}{dt}$  ніякого відношення до механізму виникнення МП не має.  $\frac{dq}{dt} = v\tau$  – це величина заряду, який в дану мить перетинає деяку поверхню, а МП індукується полями  $\vec{D}(t)$  всіх зарядів, що реалізують елемент струму чи відрізок провідника зі струмом.

Методика вивчення електромагнетизму, що заснована на принципі далекодії, протирічить самому духу сучасної фізики, і зокрема, польовим теоріям. Тому обґрунтування й опис магнітної взаємодії за допомогою формул законів, основаних на далекодії є неадекватною і фізично помилковою, хоча такий опис і дає кінцевий результат, що відповідає фізичній реальності в наближенні  $v \ll c$ .

Факт виникнення й існування магнітного поля – це наслідок дискретності електричного заряду.



#### Література:

1. Коновал А.А. Вывод уравнения Максвелла для токов смещения. Статья деп. в УкрНИИТИ, Ук88, № 2693.
2. Коновал О.А. Механизм виникнення магнітного поля при русі протонів // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Діяльнісний підхід у навчально-пошуковому процесі з фізики”, м. Рівне, 8–10 квітня 2002 р.
3. Коновал О.А. Релятивістська природа магнітного поля // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Стратегічні проблеми формування змісту курсів фізики та астрономії в системі загальної середньої освіти”, м. Львів, 25–27 лютого 2002 р.
4. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма: Учебное пособие для студентов вузов. – 2-е, стереотип. – М.: ВШ, 1991. – 288 с.:ил.
5. Николаев Г.В. Токи смещения и радиальное магнитное поле движущегося заряда. Статья деп. в ВИНТИ, рег. № 3487-78 Деп.
6. Краснов М.Л., Киселев А.И., Макаренко Г.И. Векторный анализ. – М.: 1978. – 160 с.: ил.
7. Николаев Г.В. Токи смещения и радиальное магнитное поле линейного тока. Статья деп. в ВИНТИ, рег. № 3488-78 Деп.
8. Коновал О.А. Магнітне поле струмів зміщення // Матеріали 7 Міжнародної науково-практичної конференції “Інформаційні технології в економіці, менеджменті і бізнесі. Проблеми науки, практики і освіти”, м. Київ, 06–07 грудня 2001 р.

## О ПРИМЕНЕНИИ РЕЙТИНГА В КУРСАХ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

М.П. Коркина, А.Н. Туринов  
г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный  
университет

Рейтинговая система оценки знаний применяется на кафедре теоретической физики уже десять лет. Можно подвести некоторые итоги.

По рейтинговой системе от 45% до 75% баллов, которые определяют экзаменационную оценку, набираются в течение семестровых занятий. Для простоты будем считать, что на семестровые занятия и на экзамен приходится поровну, т.е. 50% баллов. Число баллов, как правило, равно количеству аудиторных занятий. Для общих, двухсеместровых курсов по теоретической физике, таких как «Теоретическая механика», «Электродинамика», «Квантовая теория» общее число баллов равно 144 и, следовательно, за работу в семестрах студент может получить 72 балла. Например, для курса «Квантовая теория» эти 72 балла распределяются следующим образом:

I семестр	
1. семинар	<b>2</b>
2. контр. работа	<b>6</b>
3. коллоквиум	<b>10</b>
4. дом. задания	<b>6</b>
5. самост. работа	<b>14</b>
Итого:	<b>38</b>

II семестр	
1. контр. работа № 1	<b>6</b>
2. контр. работа № 2	<b>6</b>
3. курсовая работа	<b>10</b>
4. самост. работа	<b>14</b>
Итого:	<b>34</b>

Связь между баллами и оценками на экзамене следующая:  
54 б. – 85 б. соответствует оценке «удовлетворительно» (3)  
86 б. – 114 б. соответствует оценке «хорошо» (4)  
115 б. – 144 б. соответствует оценке «отлично» (5)

Естественно, при рейтинговой системе работа преподавателя усложняется, однако, это с лихвой окупается полученными результатами. Особое внимание следует обратить на самостоятельные работы студентов. Здесь не имеется в виду самостоятельная работа студентов дома – она, вообще, не оценивается, а здесь имеется в виду перестройка проведения практических занятий. На практических занятиях работают все студенты, никто не вызывается к доске. Преподаватель читает условия задачи, дает необходимые объяснения и далее ходит и смотрит, как студенты работают, естественно, помогая им в случае необходимости. Здесь необходимо избегать двух крайностей. Ни в коем случае не нужно ждать, пока все студенты справятся с поставленной задачей, при таком подходе невозможно выполнить программу. Однако, нельзя вызывать к доске первого, решившего задачу, и переходить к следующей задаче. Нужно подождать пока, по крайней мере, половина, а лучше  $2/3$  студентов справятся с задачей. После этого вызвать одного из студентов к доске, чтобы те, кто не успел решить задачу до этого времени, мог хотя бы понять, как это делается.

Все студенты, работающие в аудитории, над поставленной задачей получают баллы в зависимости от сделанной работы. Те, которые решали, но ничего не решили, также должны получить некоторое минимальное количество баллов. Студенты, которые быстро справляются с поставленной задачей, получают дополнительные баллы. Студентам, которые выше среднего уровня, можно дать дополнительное задание. Преподаватель во время выполнения студентами самостоятельных работ, конечно, должен помогать всем студентам, в том числе и самым слабым. Однако, он не должен ставить себе задачу работать в таком темпе, чтобы самый слабый студент смог все усвоить. Этого можно добиться только за счет других студентов, которые в этом случае не получают необходимого минимума знаний. На наш взгляд, лучших результатов добьется тот преподаватель, который сможет вначале семестра выделить в группе процентов 70 «средних» студентов, отделив слабых и сильных, и проводить занятия так, чтобы эти 70% во время занятий полностью усваивали материал.

По курсу «Квантовая теория» проводится семинар по теме «Экспериментальные основания квантовой теории». Практиче-

ски, основные вопросы этой темы рассматриваются в курсе «Атомная физика», однако, студентам сложно осознать, что те эксперименты, о которых им рассказывали в курсе «Атомная физика», являются основой новых представлений о микромире. Семинар помогает понять также связь этих двух курсов и естественность квантово-механических представлений.

Мы считаем, что контрольные работы лучше всего давать индивидуальные, каждому на отдельном листке. Это позволит правильнее оценить результат, т.к. исключит списывание и, помимо этого, дает возможность, при необходимости, учесть индивидуальные возможности студента.

На наш взгляд, коллоквиум в курсе «Квантовая теория» абсолютно необходим. Предлагаем проводить его после того, как прочитан математический аппарат квантовой теории, уравнения Шредингера и Гейзенберга, перед изложением точно решаемых задач квантовой теории. Т.е. коллоквиум проводится после изложения основ квантовой теории, т.к. без знаний этих основ бессмысленно читать далее частные задачи. Опыт показал, что устный коллоквиум значительно эффективнее письменного. Собственно, мы считаем, что письменный коллоквиум вообще не нужен. Устный коллоквиум не только проверяет знания студентов, но и дополнительно учит. Во время проведения коллоквиума, при необходимости, можно обсудить еще раз сложные вопросы.

Рейтинговая система приводит к тому, что студенты больше работают в течение семестра, т.е. значительная часть знаний попадает в долговременную память и, следовательно, введение рейтинга улучшает качество знаний студентов. Далее, рейтинговая система позволяет более объективно оценивать знания студентов.

## ОСОБИСТІСНО-ЗОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ

С.М. Костарева  
м. Кривий Ріг, Колегіум №81

В теперішніх умовах науково-технічного прогресу при різкому зростанні всебічної технічної інформації в галузях цифрових технологій (комп'ютерній, супутникового та мобільного зв'язку, радіоелектронній та ін.), машинобудуванні, транспорті, тощо вивчення фізики потребує від школярів не лише розвинутого фізичного мислення, але й уміння працювати з різноманітними приладами, читання принципових схем, досконалого володіння математичним апаратом.

В своїй роботі ми впевнилися, що суттєву роль в покращенні засвоєння конкретного теоретичного матеріалу відіграє зацікавленість школяра в необхідності його вивчення. Так, при вивченні теми “Електричний струм” методично виправданим виявилось акцентування уваги учнів на тому, що основним джерелом споживаної людством енергії є саме електрична. Це пояснюється суттєвими її перевагами: електроенергія значно ефективніше перетворюється на механічну, теплову, світлову, електромагнітну й ін.; електричні машини мають високий ККД, малощумні, без шкідливих викидів у атмосферу; електроенергія ефективно передається на значні відстані, тощо.

Вдало пройшов урок у 8 класі, де вивчалась тема “Робота і потужність електричного струму”. Після пояснення теоретичного матеріалу учні відповідно особистим здібностям отримали завдання на закріплення поданого на уроці матеріалу та конкретні домашні завдання.

Заздалегідь клас був нами поділений на три групи: перша – з порівняно низьким рівнем активності, друга – з середнім і третя – з високою активністю. Першій групі було запропоновано:

1. Перелічити і записати в зошит домашні пристрої, що споживають електроенергію.
2. Записати формули, за якими визначають потужність та роботу електричного струму.
3. Вирахувати кількість гривень, які необхідно сплатити за

спожиті 10 кВт·годин при відомому тарифі;

4. Вдома переписати в зошит паспортні дані лічильника електроенергії.

Друга група отримала наступні завдання:

1. Що підраховує електролічильник: потужність чи роботу?  
2. Яку кількість грошей необхідно сплатити при відомому тарифі, якщо протягом місяця електролампочка потужністю 100 Вт працювала 150 годин, холодильник потужністю 450 Вт працював 300 годин, пральна машина потужністю 600 Вт працювала 10 годин?

3. Підрахувати, скільки електроенергії фактично було спожито у квартирі учня за минулу добу.

Третя група працювала над вирішенням таких проблем:

1. За заданим графіком залежності струму від напруги визначити опір споживача, його потужність та витрату електроенергії за 20 годин.

2. Визначити опори трьох різних виданих учням електроламп (25 Вт, 40 Вт, 60 Вт) у робочому стані.

3. Вдома при допомозі лічильника електроенергії визначити потужність квартирного холодильника (мається на увазі, що учень зрозуміє необхідність поглянути на паспортні дані лічильника, де написано, наприклад, що 1250 обертів диска відповідає 1 кВт·годині спожитої електроенергії, а далі, почувши вмикання холодильника, він здогадається вимкнути решту споживачів і підрахувати кількість обертів диска за певний проміжок часу).

В резерві маємо ряд додаткових завдань:

1. Яку потужність споживає стартер легкового автомобіля при запуску двигуна, якщо струм, що споживається стартером, дорівнює 200 А? (Мається на увазі, що учні здогадаються узнати напругу автомобільного акумулятора).

2. Який струм споживає настінний електрогодинник, який протягом року працює на одному гальванічному елементі, на якому написано: 1.5 В, 0.5 А·годин?

Учні заохочуються до самостійного отримання знань. Враховуючи особистісні здібності, ми коректуємо групові завдання. Це приводить до зменшення градацій між групами в напрямі покращення якості засвоєння матеріалу.

## **АДАПТАЦИОННЫЙ КУРС ФИЗИКИ В ВЫСШЕМ ТЕХНИЧЕСКОМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ (ЦЕЛЬ И РЕЗУЛЬТАТ)**

В.С. Кривцов, А.П. Кислицын, А.А. Таран  
г. Харьков, Национальный аэрокосмический университет  
им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»

Состояние экономики и промышленной сферы любого государства в значительной степени влияет на направленность и качество работы системы образования. Современные условия в Украине привели к заметному падению престижа инженерно-технических специальностей, в результате чего изменилось отношение средней школы к дисциплинам естественного научного цикла, и в частности, к физике. Так, если до 1991 года в предвыпускных и выпускных классах средних школ для изучения физики выделялось 4–6 часов в неделю, и по завершении курса сдавался обязательный для всех экзамен, то в настоящее время всеобщая гуманитаризация образования привела к следующему распределению времени, отводимого на изучение физики в средних общеобразовательных учебных заведениях:

Класс	7	8	9	10	11
Количество часов в неделю	2	2	2,5	3	3,5

(см. Инструктивно-методическое письмо об изучении физики в 2001/2002 учебном году).

Такая ситуация приводит к существенному снижению уровня физико-математической подготовки школьников, в результате чего они в своем большинстве оказываются не в состоянии качественно воспринимать естественнонаучные дисциплины вузовских программ. Наряду с этим необходимо отметить, что в последние годы все более заметной и существенной оказывается психологическая неподготовленность школьников к учебному процессу высшей школы.

Эти обстоятельства обусловили принятие ректоратом и Ученым Советом университета решения о введении для студентов-первокурсников адаптационного курса, имеющего своей основной целью подготовку студентов к качественной работе в рамках учебных программ университета. Адаптационный курс предва-

ряет университетскую учебную программу и включает в себя занятия по математике, физике и информатике. Кроме учебных занятий в рамках адаптационного курса осуществляется знакомство студентов с историей университета, его традициями, научными достижениями профессорско-преподавательского состава. Несколько занятий проводится в библиотеке университета, где студентов знакомят со структурой библиотеки, системой УДК, правилами построения книжных каталогов и работы с ними.

Материал по физике, рассматриваемый в рамках адаптационного курса, не выходит за пределы школьного курса физики, но его изложение осуществляется методами высшей школы – в лекциях и на практических занятиях. Лекции читаются потоками, состоящими из нескольких студенческих групп, а практические занятия проводятся с каждой группой в отдельности. Наряду с этими учебными занятиями преподавателями кафедры проводятся индивидуальные консультации.

При чтении лекций адаптационного курса школьный материал по физике систематизируется, к его изложению привлекается математический аппарат школьного курса с элементами высшей математики и векторной алгебры. Основное внимание, так же как и при последующем чтении лекций университетского курса, уделяется выявлению физических сущностей рассматриваемых явлений, взаимосвязей между явлениями, выяснению механизмов протекания тех или иных процессов, обоснованию основных положений физических теорий и определению границ их применимости. Следует отметить, что изложение рассматриваемых вопросов, по возможности, ведется настолько подробно, чтобы в основном курсе университетской программы к ним уже не возвращаться. Например, в лекциях по молекулярной физике и термодинамике подробно рассматриваются основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ) и их опытные обоснования, делается вывод основного положения уравнения МКТ газов, получается и анализируется уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона), рассматриваются изопроцессы в газах и т.д. Такая методика изложения материала используется при рассмотрении всех разделов адаптационного курса.

При проведении практических занятий основной акцент ста-



вится на отработку умений использования теоретических знаний для физического анализа процессов, явлений, различных реальных ситуаций, условий физических задач. Наряду с этим обращается внимание на математическую формализацию проводимого анализа. Преподавателями подчеркивается, что решение задач должно осуществляться в общем виде, т.е. выражая искомую величину в буквенном виде через величины, заданные в условии задачи. При таком способе решения промежуточные величины не вычисляются. После получения расчетной формулы и проверки размерности физической величины находится ее численное значение в единицах СИ. При этом на практических занятиях обязательно проводится напоминание об основных и дополнительных единицах СИ.

Об эффективности проводимого адаптационного курса можно судить по результатам контрольных работ, которые проводятся на первом и последнем практических занятиях. Задачи входной и выходной контрольных работ имеют одинаковую сложность, что позволяет проводить сопоставление результатов. Оценивалось работы по 60-бальной шкале и их результаты приведены в таблице.

Факультет	Входная контрольная работа			Выходная контрольная работа		
	Средний балл	Абсолютная успеваемость	Качественная успеваемость	Средний балл	Абсолютная успеваемость	Качественная успеваемость
Самолетостроения	24,5	38	23	38,6	71	52
Авиационных двигателей	23,9	36,5	23	47,9	78,6	57,2
Систем управления летательных аппаратов	30	32,8	21	39	72	52
Ракетно-космической техники	19,28	22,2	12,2	38,7	78	56,2

Факультет	Входная контрольная работа			Выходная контрольная работа		
	Средний балл	Абсолютная успеваемость	Качественная успеваемость	Средний балл	Абсолютная успеваемость	Качественная успеваемость
Радиотехнических систем летательных аппаратов	27,3	35,5	33,3	40	74,5	59
Экономики и менеджмента	21	31,5	16	34,9	71,5	44,1

Следует обратить внимание на два основных факта. Во-первых, входная контрольная работа свидетельствует о слабых остаточных знаниях физики школьного курса (средний балл от 19 до 30). Во-вторых, проведение адаптационного курса позволило существенно поднять средний балл и почти в 2 раза улучшить абсолютную и качественную успеваемость в физике.

Таким образом, адаптационный курс, проводимый со студентами-первокурсниками, оказывается достаточно эффективным. Он получает хорошую оценку, как со стороны профессорско-преподавательского состава, так и со стороны студентов.

# МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ АТОМА НА ОСНОВІ ЇЇ ІСТОРІЇ

Ю.Є. Крот

м. Харків, Харківський державний технічний університет  
будівництва та архітектури

На жаль буває, що молодий випускник вузу чи науковець, приходячи на викладацьку кафедру, “озвучує” один–два навчальні посібники, спеціально прочитані ним для цього. Автори ж деяких навчальних посібників некритично запозичують висвітлення окремих розділів фізики з інших посібників. У таких випадках до студентів можуть доходити хибні трактування деяких положень фізики і помилкові уявлення щодо ролі окремих учених. Розглянемо приклади таких ситуацій.

Досить давно в [1] констатовалось, що при розгляді у вузівській навчальній літературі постулатів Нільса Бора використовується шлях, різко відмінний від того, яким у дійсності йшов Бор. То ж наведемо логіку мислення автора постулатів. Бор скористався класичним зв'язком кінетичної енергії  $W_k$  “обертання” (обходу) електрона довкола ядра з орбітальним моментом імпульсу електрона  $L$  (кутовим моментом електрона відносно ядра).

$$W_k = \frac{I\omega^2}{2} = I\omega \cdot \frac{2\pi\nu_{обх}}{2},$$
$$W_k = L\pi\nu_{обх}. \quad (1)$$

Бор висловив гіпотезу, що частота  $\nu$ , яка відповідає енергії кванта  $h\nu$ , удвічі менша, ніж частота  $\nu_{обх}$ . Енергія випромінювання  $W$  є сумарною енергією  $n$  квантів:

$$W = nh\nu.$$

Якщо вважати, що  $W = W_k$ , а  $\nu = \nu_{обх}/2$ , то:

$$W_k = \frac{nh\nu_{обх}}{2}. \quad (2)$$

Вирази (1) і (2) прирівнюються:  $L\pi\nu_{обх} = \frac{nh\nu_{обх}}{2}$ , звідки

$$L = n \frac{h}{2\pi} = nL_0 \quad (\text{так було у Бора}), \text{ або ж } L = n\hbar.$$

$$\text{Тут } L_0 (= \hbar) = \frac{h}{2\pi}.$$

Висновок Бора: кутовий момент електрона в стаціонарному стані дорівнює цілому кратному від універсального значення  $L_0$ , яке не залежить від заряду ядра (тепер  $L_0$  позначається  $\hbar$  – квант дії).

Продовжимо розгляд витоків фізики атома, намагаючись дотримуватись історичної правди, а не вже звичних “міфів”. Історизм у викладі фізики допомагає зрозуміти процес розвитку цієї науки. Не применшуючи заслуги якогось ученого, немає потреби і перебільшувати їх за рахунок інших.

Почнемо з “дослідів Резерфорда”. Не виключено, що цей вираз укорінився в навчальній літературі колишнього Радянського Союзу завдяки учню Е. Резерфорда, патріарху радянської фізики П.Л. Капиці. Але ж і сам Резерфорд, і його сучасники, і автори зарубіжної навчальної літератури говорили про досліди Г. Гейгера і Е. Марсдена (саме ці вчені у 1909 р. опублікували інформацію про результати аномального розсіювання  $\alpha$ -частинок фольгою). Якби не Гейгер і Марсден з їх винятковою працьовитістю (вони працювали як “раби”, за висловом Резерфорда, а Гейгера він називав ще й “демоном  $\alpha$ -частинок”), то й надзвичайно рідкі випадки “відкидання”  $\alpha$ -частинок (один випадок приблизно на 20000 спостережень) могли залишитись непоміченими. Адже У. Брегг у 1904 р. писав про результати своїх досліджень: “ $\alpha$ -частинки при проходженні через речовину помітно не розсіюються” [1].

Необґрунтованість такого “замовчування” ролі співробітників Резерфорда стає ще очевиднішою, якщо згадати про деякі досліди, результати яких пояснили *не самі дослідники*.

1. Досліди К. Девіссона і Л. Джермера. У своїй публікації в 1927 р. ці вчені чесно визнали, що одержані ними результати, які надалі виявились свідченням хвильових властивостей електронів, були одержані незаплановано, внаслідок аварійної ситуації з їх вакуумною високотемпературною установкою. Американці не змогли пояснити одержані ними неплавні криві розсіювання електронів нікелем. Зробив це європеець Макс Борн, але і назву дослідів, і Нобелівську премію за них звичайно ж не пов’язали з іменем Борна.

До речі, в деяких посібниках пишуть про “класичні досліди”, що їх провели Девіссон і Джермер “для виявлення хвиль де Бройля” (насправді такі цільові досліди провів Дж.П. Томсон). В [2] говориться, що Девіссон ще за кілька років до гіпотези Луї де Бройля (тобто до 1924 р.) одержав “досить цікаві, але важко пояснювані теоретичні результати, які влітку 1926 р. він обговорював у Лондоні з О. Річардсоном, М. Борном і Д. Франком і дійшов висновку, що його досліди підтверджують теорію де Бройля”. Але ось свідчення Борна [3], який за порадою А. Ейнштейна займався проблемою хвиль де Бройля: “...саме в цей час за дивним збігом обставин прийшов лист від американського фізика Девіссона з описом незрозумілих йому результатів. Ми прийшли до думки, що дивні максимуми на кривих Девіссона можуть бути пояснені дифракцією електронних хвиль на кристалічній решітці”.

2. Випромінювання Черенкова. Виявив його, працюючи за завданням С.І. Вавілова, аспірант П.О. Черенков, а пояснили природу цього випромінювання І.Є. Тамм і І.М. Франк (не Черенков), але – “ефект *Черенкова*”, “лічильник *Черенкова*”.

І ще про одні досліди – Д. Франка і Г. Герца, за допомогою яких було підтверджено постулати Бора. В сучасному посібнику для шкіл [4] саме так (скорочено) наведено ініціали вчених. Але ж і першим вченим, хто здійснив випромінювання електромагнітних хвиль, був Г. Герц. В цих випадках неприпустимі скорочення, учням і студентам буде, без сумніву, цікаво почути про *двох* вчених на прізвище Герц (дядька Генріха і племінника Густава, лауреата Сталінської премії).

Повернемось до “дослідів Резерфорда” і до історії створення ядерної моделі атома. До виявлення “відкидання назад” фольгою електронів переважна більшість учених (і Резерфорд серед них) не мали сумніву в достовірності томсонівської моделі атома (“пудинг з ізюмом”). На час проведення дослідів Гейгера і Марсдена існували *ядерні* гіпотези, “найсвіжішою” і найрозробленішою з яких була модель Хантаро Нагаоки, опублікована не тільки в Японії, але і в Англії, в 1904 р. в журналі “Nature”.

Але Резерфорд не любив читати. Його учень П.Л. Капиця радив своїм співробітникам “не нишпорити по бібліотечних полицях, а самостійно знайти вірний шлях, а вже потім (?) вивчати

літературу з даного питання”. Саме таку настанову дав Капиці його вчитель Резерфорд, а йому – його вчитель Дж.Дж. Томсон. То ж Резерфорд перед дослідями своїх підлеглих (протягом 5 років після англійської публікації Нагаоки) нічого не знав про можливість існування позитивного ядра в атомі (як не знав він про це і протягом 2-х років після дослідів). Тому не викликає подиву реакція Резерфорда на повідомлення його співробітників про виявлення аномального розсіювання окремих  $\alpha$ -частинок (“це було так *несподівано і неймовірно...*”). На думку Марседена [5], Резерфорд дізнався про модель Нагаоки з листа Уільяма Брегга в березні 1911 р., перед публікацією Резерфордом статті про відкриту ним ядерну будову атома.

Мало хто знає (чи пам’ятає), що протягом 2-х років після заяви Резерфорда, що він знає, який вигляд має атом, Резерфорд дотримувався думки, що ядро атома заряджене негативно [6]. До такого висновку Резерфорда привела розвинена ним аналогія  $\alpha$ -частинки, що пролітає мимо ядра “промахнувшись”, з кометою, яка, поминувши Землю, повертається до неї під впливом земної гравітації.  $\alpha$ -частинка, на думку Резерфорда, повертається до негативно зарядженого ядра під впливом кулонівської сили. Ось що було в листі Брегга: “...Нагаока одного разу спробував ввести великий позитивний центр у свій атом”. Можливо, Марседен мав рацію щодо джерела інформованості свого керівника, а може Резерфорд дізнався про гіпотезу позитивного атомного ядра від самого Нагаоки, який на початку 1911 р. був гостем Резерфорда.

Цікаво, що потім Нагаока зробив Резерфорду комплімент, досить сумнівний, якщо врахувати, що Резерфорд – експериментатор: “Мені видається генієм той, хто може працювати з таким *примітивним* обладнанням і збирати багатий ужинок”.

Ще стосовно *резерфордівської* моделі атома. В багатьох посібниках [7, 8] її називають не тільки ядерною, але й *планетарною*. Насправді ж у статті, опублікованій у травні 1911 р., Резерфорд, який нарешті дізнався про атом Нагаоки, писав, що для процесу розсіювання  $\alpha$ -частинок серцевиною атома байдуже, як групуються в атомі електрони (байдуже, чи атом подібний Сатурну з кільцем, чи сфері). До речі, не тільки в Японії [9], а і в деяких інших країнах [2], ядерну модель атома називають моделлю Нагаоки-Резерфорда.

Щодо моделі *планетарного* атома: значно правильніше вважати її творцями Н. Бора і А. Зоммерфельда [10]. Моделі їх прямих попередників Нагаоки і Резерфорда більш слушно називати окремо “сатурніанським атомом” і ядерною моделлю.

Підсилення історичного аспекту в лекціях підвищує інтерес слухачів і до осіб видатних фізиків, і до їх досягнень у галузі фізики. Ці питання вже порушувались у доповіді автора на попередній конференції [11].

#### Література

1. Кудрявцев П.С. История физики. Т.3). – М.: Просвещение, 1971.
2. Льюис М. История физики. – М.: Мир, 1970.
3. Хазен А.М. Поле, волны, частицы и их модели. – М.: Просвещение, 1979.
4. Гончаренко С.У. Фізика–11. – К.: Освіта, 1995.
5. Данин Д.С. Резерфорд. – М.: Молодая гвардия, 1967.
6. Данин Д.С. Неизбежность странного мира. – М.: Молодая гвардия, 1962.
7. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т. 3. – К.: Техніка, 1999.
8. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2000.
9. Утияма Р. К чему пришла физика. – М.: Знание, 1986.
10. Власов А.Д., Лупандин О.С. От эпициклов Птолемея к магическим ядрам и планкетонам. – М.: Атомиздат, 1979.
11. Крот Ю.Є. Роль викладача фізики в період комп’ютеризації. // У збірнику наукових праць I Всеукраїнської конференції “Теорія та методика навчання математиці, фізиці, інформатиці”. – Кривий Ріг: КДПУ, 2001.

# МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ИЗЛОЖЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВЗГЛЯДОВ В КУРСЕ ФИЗИКИ НА ПРИМЕРЕ АТОМА ШРЕДИНГЕРА

Я.А. Кумченко

г. Днепропетровск, Днепропетровский государственный  
аграрный университет

В этой статье рассматривается шредингеровская модель атома, которая была предложена им в 1926 году [1]. Эта модель в то время не получила признания и была отвергнута в сущности без сколько-нибудь серьезного обсуждения. «Интерес к ней возродился лишь спустя десятилетия в связи с развитием нового плодотворного направления в квантовой электродинамике» [2].

Согласно концепции Шредингера, заряды электронов и observable ими токи непрерывно распределены по объему атома. Электроны – не точечные заряды и не малы по сравнению с атомом. «При этой гипотезе заряд электрона фактически ограничен областью в несколько ангстрем», – указывает Шредингер [3]. Размер электрона – того же порядка, что и размеры атома.

При этом для стационарного состояния системы необходимо, чтобы силы электрического и магнитного полей были скомпенсированы силами механической природы, представленными в уравнении Шредингера слагаемым, содержащим постоянную Планка. При этом равновесие достигается лишь при некоторых избранных распределениях электронных зарядов, задаваемых дискретными решениями (собственными функциями) уравнения Шредингера.

Как отмечается в работе [2], «... большие размеры электрона подтверждаются достигнутым уровнем разрешающей способности электронных микроскопов. В современном микроскопе используется ускоряющее напряжение до 100 кВ, которому соответствует длина волны де Бройля  $3,7 \cdot 10^{-10}$  см. Однако разрешающая способность электронных микроскопов не лучше  $10^{-8}$  см» Но к этому результату приводит и реальные размеры протяженного электрона Шредингера (они тоже порядка  $10^{-8}$  см).

В настоящее время считается, что электроны «размазаны» в пространстве между атомами, что фактически совпадает с моде-



лю атома Шредингера.

Автор считает, что запоздалый интерес (а он имеется) можно объяснить тем, что в свое время не освещались альтернативные взгляды по этому вопросу.

#### Вывод

С методической точки зрения изложение альтернативных взглядов по физике оправдано.

#### Литература:

1. Шредингер Э. Избранные труды по квантовой механике. – М., 1976.
2. А.Д. Власов. Атом Шредингера // УФН. Т.163. – №2. – 1993.
3. Schrodinger E, Phys.rev., V.28, 1926.

# ЕДИНАЯ РЕЗОНАТОРНАЯ ПРИРОДА СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МИКРО- И МАКРОМИРЕ: АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ТЕОРИЯ

Я.А. Кумченко

г. Днепропетровск, Днепропетровский государственный  
аграрный университет

## І. Введение

При изложении любого раздела курса физики с методической точки зрения целесообразно преподносить материал, особенно проблемный, с разных точек зрения, включая и альтернативную. В связи с тем, что наука носит исторический характер, то, на наш взгляд, под тяжестью многочисленных новых наблюдательных данных, не укладывающихся в рамки общепринятых концепций, следует периодически пересматривать их основные положения. В этой работе предложен альтернативный подход к строению макро- и микромира с точки зрения единой резонаторной природы силового взаимодействия.

Не имея места для подробного критического анализа всех общепринятых, но, к сожалению, пока не связанных между собой теорий силовых полей, отметим лишь один показательный пример неспособности ни теории всемирного тяготения Ньютона, ни теории относительности Эйнштейна, ни других многочисленных теорий этого явления (например, Путилова, Дикке и др. [1]) объяснить силовую функцию гравитационного взаимодействия между массами от их размеров и величин, а также неквадратичной зависимостью от расстояния между ними при изменяющейся величине «постоянной» гравитации [2, 3, 4, 5]. При этом, например, Такур [6, 7] отмечает, что закон всемирного тяготения Ньютона пригоден только лишь для астрономических расстояний, а для лабораторных условий он вообще невыполним.

Сведение известных в настоящее время силовых взаимодействий к одной модели следует проводить с учетом всех прежних и многочисленных новых экспериментальных фактов. При этом предполагается прогнозирование новых физических процессов и истолкование необъяснимых в данный период развития науки фундаментальных явлений, таких, например, как источники

энергии на Земле, в ближнем (Солнечная система) и дальнем космосе.

## **II. Предлагаемая модель и ее обоснование**

Предлагаемая здесь резонаторная модель любых взаимодействий в микро -и макромире полностью перекликается с идеями П. Лебедева [8–11] о пондеромоторном (механическом) действии различной природы (гидродинамических, акустических, электромагнитных) колебаний на резонаторы. Особо следует отметить слова П. Лебедева, что «до сих пор не затронутая задача – задача об источниках лучеспускания, о тех процессах, которые совершаются в молекулярном вибраторе в то время, когда он отдает световую энергию в окружающее пространство; такая задача ведет нас, с одной стороны, в область спектрального анализа, а с другой, – как бы совершенно неожиданно приводит к одному из наиболее сложных вопросов современной физики – к учению о молекулярных силах.» И далее: «становясь на точку зрения электромагнитной теории света, мы должны утверждать, что между двумя лучеиспускающими молекулами, как между двумя вибраторами, в которых возбуждены электромагнитные колебания, существуют пондеромоторные силы: они обусловлены электродинамическими взаимодействиями переменных электрических токов в молекулах (по закону Ампера) или переменных зарядов в них (по закону Кулона)».

Вопрос экспериментального изучения действия монохроматической волны непосредственно на отдельную покоящуюся молекулу в зависимости от соотношения периодов падающей волны и собственного периода молекулы-резонатора перед Лебедевым, по понятным причинам, не стоял. Однако он обратился к опытам с длинными электромагнитными волнами Герца, заставляя их действовать на подвешенный на крутильной нити резонатор (макромолекулу) и опытным путем нашел законы этого взаимодействия.

Экспериментальные законы П.Н. Лебедева для механического действия падающей волны от ее неизменного источника любой природы (акустической, гидродинамической или электродинамической) на однотипный резонатор можно сформулировать следующим образом:

1. Механическое действие возбуждающей волны на резонатор прямо пропорционально количеству падающей на него энергии и зависит только от соотношения периодов колебаний, а не от их абсолютных величин;

2. Выше настроенный резонатор притягивается возбуждающим его источником колебаний, ниже настроенный – отталкивается;

3. Максимумы этих противоположных взаимодействий в непосредственной близости от резонанса и непрерывно переходят друг в друга.

Полная тождественность в действии пондеромоторных сил, которая экспериментально обнаружена для различных колебательных движений (гидродинамических, акустических и электродинамических) показывает, что те законы, к которым сводятся наблюдаемые явления, суть независимы от природы колебаний и воспринимающих их резонаторов. Поэтому [12] «главный интерес исследования пондеромоторного действия волнообразного движения лежит в принципиальной возможности распространить найденные законы» на вычисление «междумолекулярных сил и их величин». В связи с тем, что не было [12] «никаких данных, позволяющих сказать что-либо определенное о свойствах молекул-резонаторов», то для Лебедева было «покуда невозможно сказать, в каком направлении должны пойти дальнейшие исследования».

Исходя из приведенного, можно с гарантией утверждать, что если бы Лебедеву были известны режимы работы резонаторов, то он сам бы предложил ту альтернативную теорию единой природы всех взаимодействий, которую здесь предлагает автор.

Режимы работы резонаторов впервые со всей тщательностью изучил не Рэлей и не Гельмгольц, а Киевский киноинженер-акустик М.И. Карновский [13, 17, 18, 19] для случая акустических волн (1940 – 1948 гг.).

Итак, впервые предлагаемая здесь альтернативная модель единой резонаторной природы всех известных взаимодействий характеризуется:

1. Волновым характером обмена энергией между объектами взаимодействия (возбуждающее колебание – резонатор);

2. При этом следует учитывать два универсальных свойст-

ва природы [14] – дисперсность (дискретность) и резонансность.

3. Величина механического действия при этом пропорциональна обмениваемой волновой энергии и зависит только от соотношения периодов возбуждающего колебания (источника) и их приемника-резонатора;

4. Выше настроенный приемник-резонатор притягивается источником, ниже настроенный – отталкивается;

5. В случае резонанса механическое взаимодействие отсутствует;

6. Имеет место полная тождественность в механическом действии сил для любых колебательных движений, участвующих в обмене волновой энергией.

В другой части нашей работы автор на многих примерах из разных областей силовых полей покажет работоспособность предлагаемой здесь модели.

### **III. Обобщенная теория единой резонаторной природы силового взаимодействия на примере акустических колебаний. Формирование потенциальной ямы.**

В связи с экспериментальным доказательством Лебедева об общности силовых взаимодействий между возбудителем волновой энергии и резонатором изучим этот вопрос на примере акустических полей как наиболее исследованных в настоящее время.

Здесь же рассмотрим процесс формирования потенциальной ямы как результат обмена волновой энергии между его участниками.

В связи с тем, что потенциальная яма имеет место при любом виде взаимодействий – ядерном, атомном, молекулярном, акустическом при коагуляции, гравитации и самогравитации, то выводы теории, которые вытекают для акустических полей, автоматически можно перенести на другие виды агентов взаимодействия, как процесса обмена волновой энергией между ними.

Далее при изложении материала будем следовать работе [15], доложенной на XIX конференции стран СНГ «Дисперсные системы» в г. Одессе при ОНУ и опубликованной в ее материалах.

Для выявления причин механических взаимодействий сил

притяжения и отталкивания необходимо изучить работу резонаторов, особенно в режиме их компенсационных и усилительных действий.

Впервые теория работы акустических резонаторов была предложена Гельмгольцем, а затем дополнена Рэлеем [16]. Однако эти авторы, в соответствии с имевшимися в то время опытными данными, отмечали, что резонаторы как акустические колебательные системы вызывают лишь большее или меньшее усиление звукового поля в зависимости от их настройки.

Изложенные же в работах М.И. Карновского исследования акустических резонаторов позволили обнаружить принципиально новые их свойства. Теория резонаторов М.И. Карновского вносит ясность в вопросы: 1) о реакции резонатора на звуковое поле при его расположении вблизи источника и 2) о реакции резонатора на звуковое поле вблизи него при расположении резонатора вдали от источника. Согласно этой теории общая энергия системы излучатель-резонатор зависит от амплитуд и фаз колебаний, а также взаимного расположения обоих излучателей, т.к. резонатор, находящийся в звуковом поле, создает «обратное» излучение звука. Таким образом, резонатор можно рассматривать как вторичный излучатель, амплитуда и фаза колебаний которого являются не произвольно задаваемыми величинами, а функциями акустического поля, параметров самого резонатора и возбуждающей частоты.

При этом возможно так подобрать параметры рассматриваемой здесь системы излучателей, что резонатор вызывает уменьшение излучения источника. В этом случае говорят о компенсирующем действии резонатора, при котором колебания резонатора будут близкими к амплитуде колебаний источника, а по фазе сдвинуты на угол, близкий к  $\pi$ .

Наоборот, если резонатор вызывает уменьшение излучения источника, то амплитуда колебаний резонатора резко увеличивается. Это и приводит к значительному росту общей излучаемой энергии. В этом случае говорят об усилительном действии резонатора.

Таким образом, теория резонаторов Гельмгольца и Рэля является лишь частным случаем теории М.И. Карновского.

Следует отметить, что система источник-резонатор является

системой с одной степенью свободы, которая имеет по крайней мере одну резонансную и одну антирезонансную частоту. Для резонаторных систем со многими степенями свободы мы будем иметь ряд резонансных и ряд антирезонансных частот.

Согласно с теорией и экспериментом М.И. Карновского в непосредственной близости от резонанса и в небольшой области частот справа и слева от него резонатор вызывает увеличение излучения источника. Максимум этого увеличения приходится на резонанс.

Аналогично, максимум компенсационного действия резонатора приходится на антирезонансную частоту, справа и слева от величины которой также существуют участки ослабления излучения источника.

На рис. 1 представлен характерный вид зависимости отношения излучаемой мощности рассматриваемой здесь системы при наличии и отсутствии резонатора  $\Delta L$ .

Здесь  $\omega$  – резонансная частота,  $\omega_{ap}$  – антирезонансная частота,  $\omega_r$  – граничная частота, слева от которой имеет место усиление излучения, а справа – его ослабление. Это относится к случаю, когда резонатор находится вблизи источника. Резонатор же, расположенный вдали от источника, не вызывает изменения его излучения. Однако, в этом случае поле вблизи резонатора может быть не только усилено, но и уменьшено (ослаблено), «т.е. имеет место перераспределение в пространстве неизменной величины излучаемой мощности» [17].

Исследования М.И. Карновского указывают на то [18], что «характер изменения звукового поля вблизи удаленного от источника излучаемой энергии резонатора эквивалентен характеру изменения общей излучаемой энергии при расположении резонатора вблизи источника» т.е. характер изменения мощности аналогичен тому случаю, который приведен на рис.1.

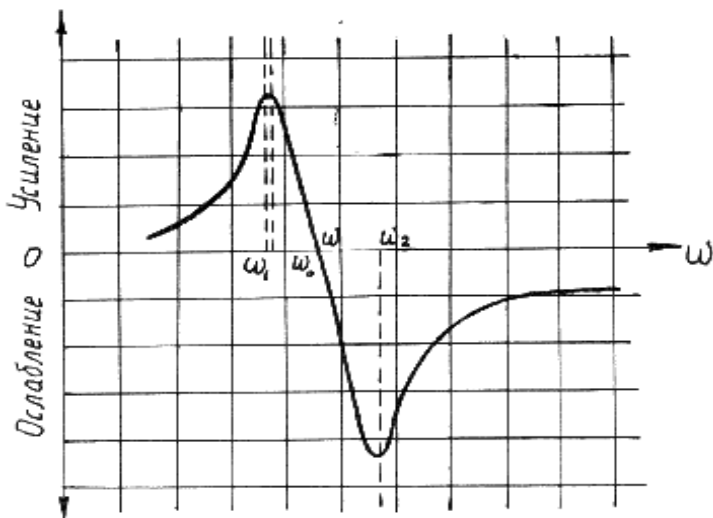


Рис. 1.

Из этого важного вывода М.И. Карновского, на наш взгляд, вытекает то, что вблизи резонатора, расположенного вдали от источника, усиление поля равносильно увеличению энергии в пространстве возле резонатора, что приводит к появлению отталкивающей силы. Наоборот, если вблизи резонатора в ограниченном пространстве имеет место перераспределение энергии, приводящее к ее уменьшению в указанном месте, то это равносильно появлению сил притяжения резонатора источником колебаний. Автор данной работы считает появление отталкивания и притяжения между частицами-излучателями следует рассматривать не на языке сил, а с помощью понятия энергии. То, что две частицы-излучатели взаимодействуют, означает, что система двух тел обладает потенциальной энергией. С точки зрения принципа близкодействия, эта энергия локализована в пространстве, окружающем тела (частицы-излучатели) и зависит от физических условий в нем.

Вопрос о потенциальной энергии разберем на примере взаимодействия между источниками звука нулевого порядка. В работе [20] показано, что вся энергия этих излучателей складывается из энергий по преодолению сил давления, создаваемыми ими



самими (это реакция среды)  $W_1$  и  $W_2$  плюс дополнительная энергия взаимодействия между источниками  $W_{12}$ , т.е.

$$W = \frac{\rho\kappa}{2} Q_1^2 + \frac{\rho}{8\pi d} Q_1 Q_2 \sin[kd - (\varphi_1 - \varphi_2)] + \frac{\rho\kappa}{2} Q_2^2, \quad (1)$$

где  $k$  – волновой вектор,  $\rho$  – плотность среды,  $Q_1, Q_2$  – объемные колебательные скорости источников,  $d$  – расстояние между ними,  $\varphi_1 - \varphi_2$  – их разность фаз.

Очевидно, что потенциальная энергия в этом случае

$$W_{II} = \frac{\rho}{8\pi} \sin[kd - (\varphi_1 - \varphi_2)] \frac{Q_1 Q_2}{d}, \quad (2)$$

где  $r_0$  – радиус резонатора,  $\rho$  – плотность среды.

Колебательные скорости  $v_1$  и  $v_2$ , входящие в объемные скорости, реализующиеся под действием акустического давления  $P$  с частотой  $\omega$  зависят от соотношения между частотой резонатора  $\omega_p$  и  $\omega$ , а также от его декремента затухания  $\eta$  и дается формулой

$$V = \frac{P}{\omega r_0 \rho} \cdot \frac{1}{\sqrt{(\omega_{рез}^2 / \omega^2 - 1)^2 + \eta^2}}, \quad (3)$$

Из работ М.И. Карновского следует, что отношение мощности, распространяющейся от источника на далекие расстояния при наличии резонатора, к мощности, излученной источником при его отсутствии,

$$\Delta L = 1 - \frac{\sin kd \cdot \cos \delta_{22}}{k^2 d^2 (1+b)} [\sin(kd + \delta_{22}) - \text{ctg} kd \cdot \cos(kd + \delta_{22})] - \frac{\cos \delta_{22}}{k^2 d^2} \cdot \frac{b}{(1+b)^2}. \quad (4)$$

где  $k$  – волновое число,  $d$  – расстояние между источником и резонатором,  $b$  – коэффициент потерь в резонаторе,

$\delta_{22} = \psi - kd + \pi/2$ ,  $\psi$  – разность фаз колебательных скоростей источника и резонатора.

График этой функции приведен на рис.2. Из графиков видно, что эти функции имеют минимум, что указывает на то, что резонатор работает как в усилительном, так и в компенсационном режиме, формируя при этом акустическую потенциальную яму для колебательной энергии, ибо характер ее зависимости от расстояния между источниками аналогичен рис. 1.

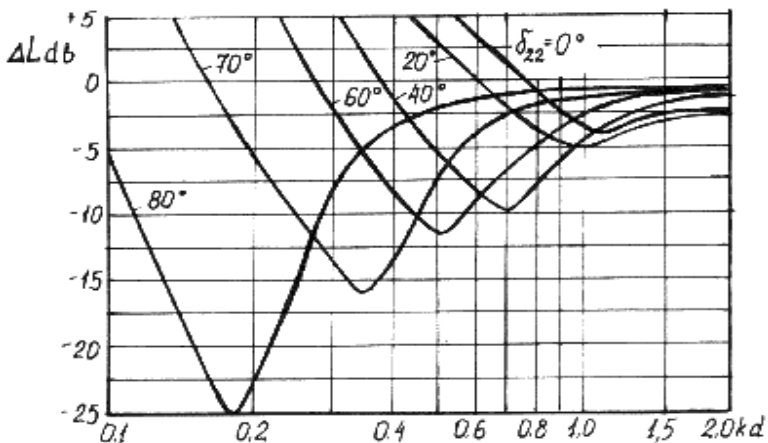


Рис.2.

Обратимся теперь к опытам П.Н. Лебедева [12] и построим одну из кривых силового взаимодействия в виде функции силы в относительных единицах от расстояния между источником звуковых колебаний и акустическим резонатором. На рис. 3 приведен график зависимости силы  $F_{эксн}$  от расстояния  $r$ , из которого видно, что сила имеет положительное значение при  $r > 2$  см, что соответствует преобладанию сил отталкивания вибраторов. При увеличении  $r$  сила переходит через ноль (при  $r \approx 2$  см), где силы отталкивания уменьшаются, зато появляется сила притяжения, которая возрастает и имеет максимум в районе 3 см. Затем эта сила также уменьшается с увеличением расстояния между звучащим источником и резонатором до нуля в районе расстояния, равного 10 см.

Экспериментальную зависимость силы от расстояния можно аппроксимировать в виде разности силы отталкивания и силу притяжения:

$$\frac{A}{r^m} - \frac{B}{r^n}, \quad (5)$$

где  $m, n, A, B$  – некоторые действительные числа, удовлетворяющие неравенствам  $1 < n < m < 20$  и  $-\infty < A, B < \infty$ . Для нахождения этой зависимости решалась задача минимизации квадратичного функционала на множестве функций вида (6).

$$\sum_{i=1}^N \left( y_i - \frac{A}{r_i^m} - \frac{B}{r_i^n} \right)^2. \quad (6)$$

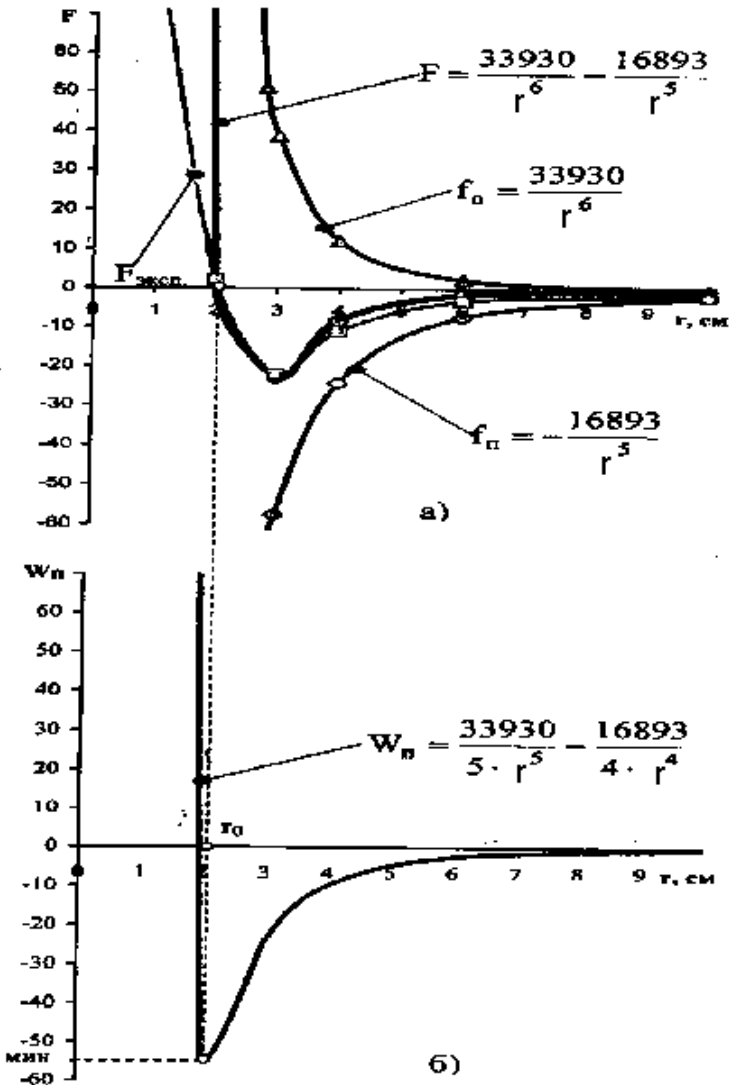


Рис. 3.

Решение этой задачи получено путем комбинирования мето-

да случайного поиска и метода наименьших квадратов. Программа расчета составлена на алгоритмическом языке Паскаль и реализована на ПЭВМ. При этом оказалось, что

$$F(r) = \frac{33930}{r^6} - \frac{16893}{r^5} = F_{om} - F_n, \quad (7)$$

где  $F_{om}$  и  $F_{np}$  – силы отталкивания и притяжения (см. рис.3а).

На рисунке 3б) представлена кривая потенциальной энергии, определяемая из выражения

$$W_n = \int_r^{\infty} F(r)dr, \quad (8)$$

Учитывая функции (7) и (8), получаем выражение для потенциальной энергии для Лебедевского эксперимента в виде

$$W_n = \frac{33930}{5 \cdot r^5} - \frac{16893}{4 \cdot r^4}. \quad (9)$$

Видно, что минимум потенциальной энергии приходится на расстояние  $r_0$  между звучащим источником колебаний и резонатором, где сила отталкивания равна силе притяжения.

То есть, для опыта П.Н. Лебедева появление сил отталкивания и притяжения можно трактовать разными режимами работы акустического резонатора. Напоминаем, что согласно М.И. Карновскому эти режимы носят как компенсационный, так и усилительный характер.

Отметим далее, что для резонаторной системы со многими степенями свободы, как показывает М.И. Карновский [18], мы уже будем иметь ряд резонансных и ряд антирезонансных частот, которыми обуславливается чередование областей усиления и ослабления излучения системы.

Для детального рассмотрения чередующихся областей усиления и ослабления измерения запишем значения результирующего потенциала при одновременном действии активного и пассивного излучателя (резонатора) в том виде, в котором его приводит М.И. Карновский [18].

$$\varphi = \varphi_1 \left[ 1 + \frac{\rho \omega S^2}{iZ(\omega)4\pi d} \right], \quad (10)$$

где  $\varphi_1$  – потенциал, создаваемый одним источником,  $S$  – измеряемая поверхность резонатора,  $Z(\omega)$  – механический импеданс (сопротивление) резонатора, равный отношению силы, создавае-

мой на поверхности резонатора к объемной колебательной скорости его поверхности. Отметим, что  $Z(\omega) = R + iX$ , т.е механический импеданс имеет как активную  $R$ , так и реактивную  $X$  составляющую, зависящие от режима работы резонатора.

Для системы «источник плюс резонатор» со многими степенями свободы, чередующиеся области усиления и ослабления находятся из условия:

$$\text{при } \left| 1 + \frac{\rho\omega S^2}{iZ(\omega)4\pi d} \right| > 1 \quad (11)$$

система работает в усилительном режиме;

$$\text{при } \left| 1 + \frac{\rho\omega S^2}{iZ(\omega)4\pi d} \right| < 1 \quad (12)$$

реализуются области ослабления;

$$\text{при } \left| 1 + \frac{\rho\omega S^2}{iZ(\omega)4\pi d} \right| = 1 \quad (13)$$

будет иметь место чередование переходов областей усиления с областями ослабления. Здесь  $Z_{ep}(\omega)$  – граничный импеданс (сопротивление) резонатора, при котором эти переходы возможны.

Из последнего равенства вытекают значения граничных импедансов, а именно:

$Z_{ep1} = \pm \infty$  и  $Z_{ep2} = 1/2 Z_{ap}$ . Здесь  $Z_{ap}$  – входное сопротивление (импеданс) резонатора, при котором он настроен в антирезонанс. Его значение [19]

$$Z_{ap} = \frac{i\rho c S (kr_0)^2}{4\pi d}, \quad (14)$$

где  $r_0$  – эффективный размер резонатора.

Поведение системы «источник плюс резонатор» со многими степенями свободы в диапазоне частот представлен графически на рис. 4 [20, с. 618]. Видно, что в зависимости от рабочих режимов имеет место чередование зон усиления и зон ослабления.

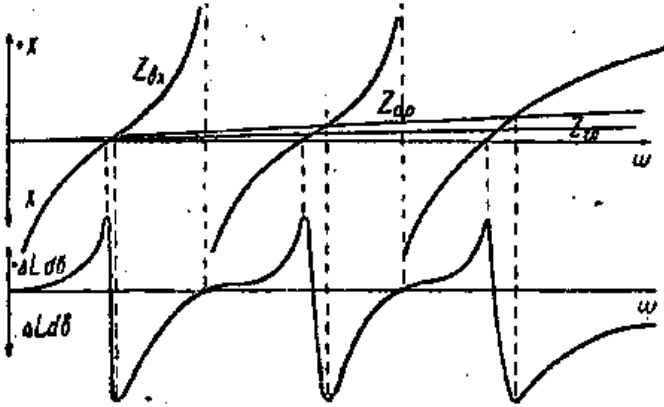


Рис. 4.

В общем случае, когда возбуждаются  $n$  источников, объемная скорость каждого из которых равна  $Q_i = \alpha Q_1$  и которые расположены на расстоянии  $d_{li}$  от первого источника, то энергия, излучаемая первым источником, учитывая (2), будет равна [20]

$$W_1 = \frac{\rho \alpha k Q_1^2}{8\pi} \sum_2^n \alpha_i \frac{\sin[kd_{li} - (\varphi_1 - \varphi_i)]}{kd_{li}}. \quad (15)$$

В [21] приводится весьма показательный опыт (рис. 5) со стеклянными и пробковыми шариками, подвешенными на нитях в воде, в которой возбуждается стоячая звуковая волна.



Рис. 5.

Как видно из рис. 5б, шарики собираются в местах пучно-

стей колебаний стоячей звуковой волны, которая отражается с правой стороны от отражателя звука, т.е. коагуляция происходит в режиме ослабления колебаний между агентами (частицами) волновой энергией.

В работе [22] приведены результаты высокоскоростной кино съемки частиц аэрозоля, взаимодействующих в акустическом поле стоячих звуковых волн. Установлено наличие как сил отталкивания, так и сил притяжения между колеблющимися твердыми частицами, образующими агрегаты, в состав которых входит до десятка частиц. Исследователи наблюдали также совместное движение этих комплексов, как единого целого, что, по видимому, свидетельствует о том, что между частицами агрегата устанавливается устойчивое равновесие и он (агрегат) может перемещаться в звуковом поле, как единое целое.

Автор ещё раз обращает внимание на то, что при обмене волновой энергией между возбуждающим и возбужденным колебаниями, следует учитывать два универсальных свойства природы – дисперсность и резонансность. Другими словами, вся геометрия микро- и макрообъектов носит так называемые резонаторные размеры. При этом даже твердые шары, находящиеся в волновом (акустическом) поле можно рассматривать как резонаторы [23], но с более размытым резонансом. Что же касается дисперсности, то, например, размеры атомов намного меньше расстояний между ними, а для Солнечной системы размеры планет намного меньше радиуса их гравитационного взаимодействия.

Согласно принятой нами модели представленные здесь результаты акустического взаимодействия можно перенести на другие виды силовых полей. Эти силовые взаимодействия носят единую резонаторную природу и отличаются только геометрическими размерами источников (потребителей) волновой энергии, величинами длин волн и их соотношениями, характеристиками среды, передающей волновую энергию, и режимов работы резонаторов.

#### **IV. Выводы**

1. Механическое взаимодействие между возбуждающим и возбужденным колебаниями, заключающиеся в наличии сил

притяжения и отталкивания, имеет место благодаря различным режимам возбужденного колебания в резонаторе.

2. Усиление колебаний приводит к отталкиванию между источником и резонатором.

3. Ослабление колебаний приводит к притяжению между возбуждающим колебанием и возбужденными колебаниями в резонаторе.

4. Сам процесс отталкивания и притяжения корректнее рассматривать не на языке сил, а с точки зрения близкодействия, на языке потенциальной энергии, которая локализована в пространстве, окружающем аэрозольные частицы-излучатели, и которая зависит от физических условий этого пространства.

5. Акустическая потенциальная яма формируется усилением или ослаблением поля вблизи резонатора в зависимости от режимов его работы.

#### Литература:

1. Поле и материя, Изд. МГУ, М., 1971.
2. Long D.R., Bull. Amer. Phys. Soc., 1967, 12 p. 1057.
3. Long D.R., Bull. Amer. Phys. Soc., 1970, 15 p. 1640.
4. Long D.R., Phys. Rev., 1974, D2, p. 850.
5. Long D.R., Nature, 1976, 260, p. 417.
6. Thakur K.P., Austral. J.Phys., 1976, 29, p. 39.
7. Такур К.П.. Гравитационное отталкивание на малых расстояниях, Астрометрия и астрофизика, № 28, «Наукова думка», Киев, 1976.
8. Лебедев П.Н. Труды отдела физических наук ОЛЕ, 4, вып. 2, 1891.
9. P. Lebedev, Wild. Ann., 45, 1891, p. 292.
10. P. Lebedev, Phil. Mag., (5) 33, 1892, p. 391.
11. P. Lebedev, Wild. Ann., 52, 1894, p. 521.
12. Лебедев П.Н. ПСС, Изд. АН СССР, М., 1963.
13. Карновский М.И., К расчету взаимных акустических импедансов, сб. Трудов Киевского и-та киноинженеров, 1948, вып. 1., стр. 102-115.
14. Кумченко Я.А. Дискретность и резонантность – универсальные свойства природы, Сб тез. докл. XIX конф. стран СНГ «Дисперсные системы», Одесса. 2000.



15. Я.А.Кумченко, Резонаторная природа силового взаимодействия между аэрозольными частицами, Сб. ФАС, вып. 37, Одесса, 2000.
16. Rayleigh J.W., Phil. Mag., 1903, 6, № 33, p. 16-22.
17. М.И.Карновский, ДАН СССР, Т. 37, № 1, 1942.
18. М.И.Карновский, ЖТФ, т. 3, вып. 11-12, 1943.
19. М.И.Карновский, ЖТФ, т. 15, вып. 9., М., 1945.
20. Е.Скучик, Основы акустики, 1976, т. 2, стр. 38-39.
21. Л. Бергман, Ультразвук и его применение, М., 1976.
22. Л.И.Буравов и др., АЖ, 7, 4, М., 1961.
23. Н.Л.Кастерин, Распространение волн в неоднородной среде, т.1., М., 1903.

# АЛЬТЕРНАТИВНАЯ РЕЗОНАТОРНАЯ ТЕОРИЯ СИЛОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В МАКРОМИРЕ: УСТОЙЧИВОСТЬ ВСЕЛЕННОЙ И ЕЁ ЭНЕРГЕТИКА НА ПРИМЕРЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Я.А. Кумченко

г. Днепропетровск, Днепропетровский государственный  
аграрный университет

В связи с ограниченностью места, автор не имеет возможности показать согласие предложенной им альтернативной модели силового взаимодействия с экспериментальными (наблюдательными) данными для макро- и микромира в целом в рамках одного сообщения. Поэтому рассмотрим ее экспериментальное подтверждение только для макромира.

Для этого, как и в предыдущей нашей статье, воспользуемся выводами других авторов, которые изучали процесс обмена волновой энергии в акустических полях. Так, в работе [1] были приведены результаты экспериментальных исследований А.Н. Иванникова с сотрудниками [2], где применена новая методика изучения взаимодействия между источниками акустического поля, основанная на энергетическом подходе.

При этом найдены две составляющие структуры поля.

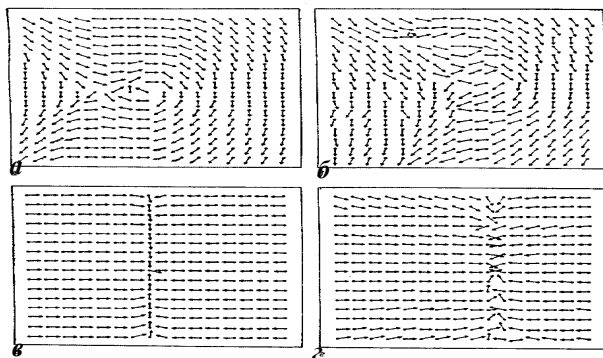


Рис. 1.

На рис.1 представлены эти результаты в плоскости, проходящей через центры источников звука. Здесь 1 *a,б* – векторы активной интенсивности, которые имеют вихревую природу, а на 1

в,г видно, что реактивная интенсивность «стекает» в «узел», который в пространстве совпадает с центром вихря активной интенсивности ( $a$  и  $b$  – расчёт,  $v$  и  $z$  – опыт).

Как вывод отметим, что приведенное выше волновое взаимодействие распадается на два движения: вихревое с частотой обращения, равной частоте источников обмена волновой энергией (или их обертоном) и «стягивающая» реактивная составляющая, входящая в источник со всех сторон (рис.1).

Если здесь согласиться с доказанной в настоящее время гипотезой резонансной структуры Солнечной системы [3, 4, 5], которая населена планетами-резонаторами, то приравнивая только что рассмотренную центробежную силу вращательного («вихревого») движения пробной массы гравитационной силе для каждой планеты в отдельности, можно найти резонансный период их (планет) колебаний в виде:

$$T_{\Pi} = 2\pi \sqrt{\frac{R_{\Pi}^3}{\gamma M_{\Pi}}}. \quad (1)$$

Периоды колебаний для Солнца и Луны определяются по этой же зависимости.

В таблице 1 приведены (правая колонка) резонирующие периоды колебаний для резонаторов, населяющих Солнечную систему. Период колебаний Солнца, рассчитанный по (1), составляет 167 минут, что очень близко к его экспериментальному значению, найденному А.Б. Северным [6] с сотрудниками Крымской астрофизической обсерватории (160,01 мин.).

Таблица 1

Планеты	Лсп (теоретич.)	Лсп (наблюд.)	T(мин)
Меркурий	57,9	57,9	84,38
Венера	104,22	108	90
Земля	150,15	149,5	84,38
Марс	219,4	227,8	99
Астероиды	394,86	399,165	--
Юпитер	775,86	777,8	172
Сатурн	1424,34	1426,1	234
Уран	2860,26	2869,1	176
Нептун	4504,6	4495,6	157

Видно, что, для других резонаторов-планет Солнечной системы, величины периодов являются тонами или обертонами от Солнечного периода.

Целесообразно здесь задаться вопросом: а какова энергетика этих колебаний? Не являются ли 160-минутные колебания Солнца «частным случаем некоего более общего эффекта?» [7].

Анализ рентгеновских наблюдений Галактик со спутников «Ариель» и «EXOSAT» подтверждают, что 160-минутные осцилляции носят вселенский характер. В таблице 2 приведены значения периодов колебаний для некоторых Галактик, а также для Солнца [7].

Таблица 2

Объект	Сейфертовский тип	Период. мин
Солнце	-	160.0101(±1)
NGC 4151	Sy 1.5	160.0099(±5)
3C 273	Sy 1	160.0105(±7)
NGC 1275	Sy 2 (pec)	160.0094(±8)
NGC 3516	Sy 1	160.0100(±9)
NGC 4051	Sy 1	161.6(±1.8)

Здесь уместно отдать дань уважения перед гением де Карта, который, не имея никаких наблюдательных данных, указывал на то, что планеты «вращает небо». И действительно, под действием вселенской причины (сверхусилие творца) и произошла коагуляция первичной материи (её природу см. в дальнейших публикациях) Галактик, приведшая к образованию и Солнечной системы как составляющей нашей Галактики.

При резонансе в Солнечной системе длина резонирующей цепи  $L_{cn} = n\lambda/4$ , где  $\lambda$  – гигантская длина волны, носящая электромагнитный характер и распространяющаяся в плоскости поляризации (плоскости эклиптики). Здесь  $L_{cn}$  – расстояние планеты от Солнца,  $n = 1, 3, 5, 7$  и т.д.

В таблице 1 приведены данные наблюдений для  $L_{cn}$  и вычисленные нами расстояния для  $\lambda = 46,32$  млн. км. При этом закон Тициуса-Бодде предлагается в виде:

$$L_{cn} = (2m + 1)\lambda/4, \quad (2)$$

где  $m = 0, 1, 2, 3, 4$  и т.д.

Отметим хорошее совпадение полученных и экспериментальных данных.

При несоблюдении условий резонансности устойчивость системы нарушается, что ведёт к её разрушению.

Далее отметим, что с акустической точки зрения (мы пользуемся полной аналогией при обмене волновой энергией) в пучности колебаний температура всегда выше, чем в узловой точке. Автор этим и объясняет внутреннее тепло планет, которое не носит радиогенный характер. Это подтверждается тем, что тепловой поток с Земли имеет одинаковую величину как с водной, так и твёрдой поверхностями её различных участков.

### **Выводы**

1. Для макромира оправдывается предложенная автором резонаторная модель обмена волновой энергией между дисперсными и резонансными объектами обмена.

2. На примере Солнечной системы показано, что её устойчивость достигается при резонансности.

3. Объяснена энергетика Солнца и других космических агентов обмена волновой энергией на примере Солнечной системы. При резонансе вся энергия аккумулирована в пучностях колебаний, т.е. в местах устойчивого расположения объектов обмена волновой энергии.

4. Причина обмена – вселенский источник колебаний.

Дальнейшие результаты уже законченных исследований силовых взаимодействий в макро- и микромире будут по возможности опубликованы в других изданиях.

### **Литература:**

1. Я.А. Кумченко, Гравитация и самогравитация дисперсных систем в резонаторной природе силового взаимодействия: Сб. докл. XIX конф. стран СНГ «Дисперсные системы», Одесса. 2000.
2. А.Н. Иванников и др. Экспериментальные исследования энергетической структуры акустического поля вблизи системы источников // Вестник МГУ. – Т.30. – №5. – 1989.
3. А.М. Молчанов. Гипотеза резонансной структуры Солнечной системы, 1974.

4. А.М. Молчанов. Резонансы многочастичных колебаний // ДАН СССР. – Т.168. – №2. – 1996.
5. Чечельницкий А.М. Экстремальность, устойчивость, резонантность в астродинамике и космонавтике. – М., 1980.
6. А.Б. Северный и др. Колебания Солнца и проблема его внутреннего строения // Астроном. Ж. – Т. 56. – Вып №4. – 1979.
7. Лютый В.М., Котов В.А.. Компактные внегалактические объекты: поиск 160-минутной периодичности в рентгеновских данных // Письма в Астроном. Ж. – Т. 16. – №9. – 1990.

## ВИКОРИСТАННЯ НЕІНЕРЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІДЛІКУ В КУРСІ ФІЗИКИ СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ

Ю.А. Курбатов, Г.П. Половина  
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

В курсі фізики середньої школи розглядаються інерційні системи відліку, в яких причиною виникнення прискорення є сила, що викликається якимось конкретним тілом. В такій системі відліку діють 1, 2, 3 закони Ньютона, а сили дії та протидії породжуються взаємодією тіл і не залежать від характеру руху.

Неінерційні системи відліку пов'язані з прискореним рухом. В таких системах виникають сили інерції, які не є результатом дії якогось тіла на інше, а зумовлені характером руху системи. Сили інерції як такі, що не обумовлені взаємодією тіл, не описуються законами Ньютона.

Сила інерції пропорційна масі тіла та його прискоренню і напрямлена в бік, протилежний прискоренню тіла.

Як в інерційній, так і в неінерційній системі відліку користуються поняттям матеріальної точки. Навіть протяжна система тіл замінюється матеріальною точкою – центром мас системи [1].

Вивчення неінерційних систем відліку не входить до програми середньої школи. Але на олімпіадах різного рівня зустрічаються задачі, де процеси відбуваються в неінерційних системах відліку.

Тому ми рекомендуємо, попередньо випробувавши свої поради в ліцеї, дати вже у 9 класі поняття про сили інерції, а задачі розв'язувати, використовуючи принцип Даламбера. Набуті теоретичні знання ми рекомендуємо перевіряти при виконанні лабораторної роботи «Визначення сили інерції», розробка якої подається нижче. Всю цю роботу необхідно провести на факультативних заняттях з певним колом зацікавлених учнів.

Принцип Даламбера ми рекомендуємо формулювати в такій формі: якщо рухому матеріальну точку зупинити та прикласти до неї всі сили, що діяли на неї до зупинки, і прикласти до неї ще силу інерції, точка рухатись не буде, наступить рівновага. Тобто додавання сили інерції перетворює будь-яку динамічну задачу в

статичну. Тоді розв'язування перетворюється на знаходження умови рівноваги.

Розглянемо методику розв'язування однієї задачі, що була запропонована школярам на XXX Всеросійській олімпіаді.

Задача 1. На візочку, що рухається по горизонтальній поверхні з прискоренням  $g/2$ , встановлені терези, що мають однакові плечі  $l$ . На невагомій рейці лежать однакові за розмірами бруски кубічної форми зі стороною  $a$ , виготовлені з різних матеріалів (рис. 1). Знайти відношення густин брусків, якщо відомо, що терези при русі візка знаходяться у рівновазі, а бруски відносно терезів нерухомі.

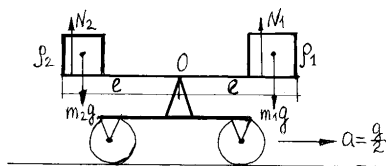


Рис. 1.

На нашу думку, учні можуть приступати до розв'язування цієї задачі, розв'язавши заздалегідь задачу 327 [2].

Задача 2. Однорідний брусок  $ABCD$  масою  $0,4$  кг знаходиться в стані спокою, товщиною його можна знехтувати, діє сила  $F=2$  Н в точці  $C$  (рис. 2). Визначити силу тертя і силу реакції опори (модуль і лінію дії), якщо  $AB=0,2$  м,  $BC=0,1$  м.

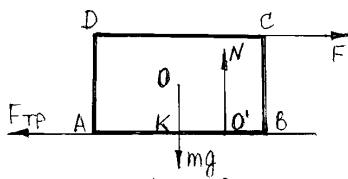


Рис. 2.

Розв'язування. На тіло  $ABCD$  діють: Земля, поверхня і деяке тіло з силою  $F$ . Питання про точки прикладання сили тяжіння ( $mg$ ), сили тертя ( $F_{тр}$ ) та сили  $F$  не викликають утруднень. Але сила реакції опори вимагає обговорення, бо треба розглянути точку її прикладання. В разі відсутності сили  $F$  ця точка знаходиться на перетині лінії дії сили тяжіння з горизонтальною по-



верхню. Проте, за наявності сили  $F$  точка прикладання сили реакції опори зміщується від попереднього положення вправо (в бік сили  $F$ ).

Застосування другого закону Ньютона дозволяє визначити силу тертя та силу реакції опори:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{mp} + \vec{F} = 0,$$

звідки  $N=mg$ ,  $F_{mp}=F$ , тобто  $N=4\text{Н}$ ,  $F_{mp}=2\text{Н}$ .

Для знаходження точки прикладання сили  $N$  скористаємося умовою рівноваги тіла, що має вісь обертання. Точка  $O'$ , навколо якої будемо розглядати обертання бруска, є точкою прикладання сили  $N$ . В обертанні прийматимуть участь сили  $mg$ , плече якої  $O'K$ , та сила  $F$ , плечем якої є відрізок  $CB$ . Оберткові моменти сил  $F_{mp}$  та  $N$  нульові, бо їхні плечі рівні нулеві. Тому:

$$mg \cdot O'K = F \cdot CB, \text{ звідки } x = 0,05\text{м}.$$

Таким чином, точка прикладання сили реакції опори відстоїть від точки  $B$  на  $0,05\text{м}$ .

На відміну від цієї задачі, де сила  $F$  не надавала бруску прискорення, і, отже, сила інерції не діяла, у задачі 1, зміст якої подано вище, система рухається з прискоренням. Тому на кожний брусок діє сила інерції, напрямлена в бік, протилежний напрямку прискорення, з яким рухаються обидва бруски. Внаслідок цього сила реакції опори зміститься від центру мас вліво на величину  $x$  та у відповідно для лівого та правого брусків.

Використаємо умову рівноваги для тіла, що має вісь обертання в точці  $O$ . Сили, що діють на бруски у вертикальному напрямку, будуть силами реакції опори. За третім законом Ньютона через ті самі точки проходять лінії дії сил, прикладених до важеля і напрямлених вертикально вниз. Як показано в задачі 2, вони дорівнюють вазі кожного бруска.

За правилом моментів маємо:

$$m_2 g \left( l - \frac{a}{2} + x \right) = m_1 g \left( l - \frac{a}{2} - y \right). \quad (*)$$

Згідно задачі 2 точка прикладання сили реакції опори для лівого бруска знаходиться на відстані  $x = a/4$  вліво від центра мас, а для правого – теж вліво на відстані  $y = a/4$  від центра мас. Перепишемо (\*) у вигляді:

$$\rho_2 a^3 g \left( l - \frac{a}{2} + \frac{a}{4} \right) = \rho_1 a^3 g \left( l - \frac{a}{2} - \frac{a}{4} \right),$$

звідки

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{l - \frac{3}{4}a}{l - \frac{1}{4}a}.$$

Як видно з останнього виразу, лівий брусок легший за правого.

Задача 3. Конічний маятник масою  $m$  і довжиною нитки  $l$  описує конус із кутом  $2\alpha$  при вершині. Визначити натяг нитки, швидкість та період обертання кульки.

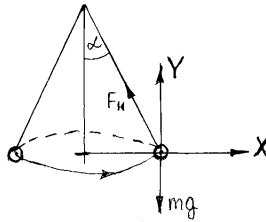


Рис. 3.

На кульку діють: сила тяжіння  $mg$ , сила натягу нитки  $F_n$ . Так як рух рівномірний, то кулька має лише доцентрове прискорення, отже сила інерції  $F$ , що діє на кульку, рівна:

$$F = \frac{m\mathbf{v}^2}{R}.$$

Використаємо принцип Даламбера та спроєкуємо сили на вибрані вісі:

$$\frac{m\mathbf{v}^2}{R} - F_n \sin \alpha = 0,$$

$$F_n \cos \alpha - mg = 0,$$

звідки

$$\mathbf{v} = \sqrt{\frac{gl}{\cos \alpha}} \cdot \sin \alpha.$$

Період обертання при рівномірному русі по колу буде:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}}.$$

*Лабораторна робота:* Визначення сили інерції під час обертового руху системи.

Кінематична схема установки зображена на рис. 4.

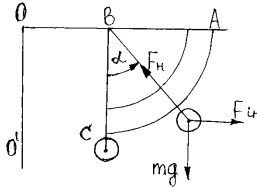


Рис. 4.

До вісі  $OO'$  прикріплено коромисло  $OA$  з математичним маятником та транспортером  $AC$ . Вісь  $OO'$  має можливість обертатися з кутовими швидкостями.

Під час обертання установки маятник знаходиться в неінерційній системі відліку. Сила інерції відхиляє маятник на кут  $\alpha$  від вертикалі. На маятник діють сил тяжіння  $mg$ , сила натягу нитки  $F_n$  та сила інерції  $F_{in}$ .

Остання знаходиться так:

$$F_{in} = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha = m\omega^2 R = m\omega^2 (OB + l \sin \alpha),$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\omega^2 R}{g}.$$

Вимірюючи  $\alpha$  і  $R$  для кожного значення  $\omega$ , визначаємо силу  $F_{in}$  та перевіряємо останню тотожність.

Література:

1. Кобушкин В.К. Минимальная физика, часть I. Изд-во Ленинградского университета, 1970.
2. Рымкевич А.П., Рымкевич П.А. Сборник задач по физике. М.: Просвещение, 1984.

## РОЗВИТОК ТЕОРІЇ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ ЯК ІНТЕГРАТИВНИЙ ПРОЦЕС

С.П. Куриленко, О.В. Сергеев  
м. Запоріжжя, Запорізький державний університет

Поняття “інтеграція науки” включає в себе безліч аспектів (історико-генетичний, гносеологічний, методологічний, соціальний, системно-структурний та ін.). Так, соціальний аспект розглядається психологами і соціологами, інформаційний – науковцями, історичний – істориками науки і техніки, методологічний і логічний – філософами. Проведений нами аналіз численних літературних джерел дозволяє зробити висновок про те, що частіше за все **під інтеграцією науки** розуміють синтез, об’єднання і взаємопроникливість наукового знання.

У розробці проблеми інтеграції науки і формуванні відповідного поняття все ще в недостатній мірі здійснюється єдність методологічного і соціологічного підходів, єдність історико-генетичного і системно-структурного аналізу. Для визначення змісту цього поняття вкрай необхідне виявлення загальнометодологічних проблем інтеграції, знаходження спільних закономірностей взаємодії як природничо-математичних, кібернетичних, так і психолого-педагогічних, соціальних галузей знань, тобто інтеграція всієї науки як єдиної цілісної системи. Дане поняття мусить бути підсумком результатів подібного аналізу і спиратися на основні принципи діалектичної логіки.

Конкретизація ключових принципів діалектичної логіки в плані досліджуваної проблеми дає можливість у загальному вигляді відокремити наступні аспекти наукового визначення змісту поняття інтеграції **дидактики фізики** як наукової галузі знань [1]:

1. Узагальнення специфіки і виявлення істотного в механізмі інтегративних процесів, які відбуваються в психолого-педагогічних науках і освіті й зумовлених у кінцевому результаті інтегративними тенденціями в розвитку суспільства і соціально-практичної діяльності людства.

2. Розробка методології системно-структурного підходу, який передбачає дослідження інтеграції методичної науки в

якості системи (єдності структури і функцій), а також у вигляді процесу, який розвивається, має певний генезис (виробничо-технічні, соціально-економічні і логіко-методологічні передумови).

3. Історичний і логіко-гносеологічний аналіз розвитку самого поняття інтеграції педагогічних наук, який відображає місце та іманентну логіку інтегративної тенденції у русі наукового знання до єдності.

4. З'ясування місця поняття “інтеграція науки в структурі споріднених понять”, а також у системі філософських категорій (єдність, взаємодія, відображення, частина і ціле, аналіз і синтез, загальне, спільне, особливе й одиничне та ін.).

5. Методологічне обґрунтування і вироблення необхідної системи наукових (і філософських) понять і конкретизація існуючих, які застосовуються у процесі вирішення загальнометодологічних проблем і формулювання основних тенденцій (закономірностей) інтеграції сучасної методичної науки, тобто дидактики фізики як наукової галузі знань.

6. Виявлення соціальної ролі інтеграції сучасної педагогічної науки.

Природа інтегративних явищ у науці багатогранна, багатоступенева, і кожна ступінь у свою чергу має різні рівні. Зміст поняття інтеграція науки внаслідок цього характеризується багатоплановістю, багатосторонністю і багатозначністю визначаючих його ознак і відповідних термінів. Це поняття має суто комплексний, синтетичний характер. Воно пов'язане з найрізноманітнішими науковими і філософськими категоріями. Розкрити сутність інтеграції науки без вироблення певної системи категорій, понятійно-категоріального апарата неможливо практично.

Слід чітко розмежовувати такі часто ототожнювані такі поняття, як “наука” і “наукове пізнання”, “інтеграція науки” і “інтеграція наукового знання”, а також “єдність”, “синтез” й “інтеграція” науки. Синтез та інтеграція – певні форми виявлення єдності наукового знання. Інтеграція, включаючи в себе синтез, є вищим його вираженням і не зводиться до нього. Причому синтез має місце на всіх стадіях розвитку знання. Одночасно з цим синтез є і методом досягнення цієї єдності. Синтез зв'язаний

з аналізом, є логічною формою наукового пізнання. Інтеграція ж – історичний етап (який виник у середині ХІХ ст.) і сучасна (основна) форма і засіб здійснення даної єдності. Інтеграція має свою альтернативу не тільки в диференціації, але і в дезінтеграції. Це говорить про більш багатий зміст поняття інтеграції порівняно з поняттям синтез. Якщо поняття синтез переважно застосовується до наукових знань, то поняття інтеграція до всіх інших структурних елементів науки як цілісної системи [2]. Поняття інтеграції відображає процеси їх взаємопроникнення, коли окремі структурні елементи один без одного вже функціонувати не можуть і утворюють цілісну систему науки і систему наукового значення. Саме інтегративним процесам, наука зобов'язана своїм перетворенням в єдину цілісну систему, бо якраз вони виконують не властиві синтезу організаційні, антиентропійні управлінські функції. Внаслідок цього поняття інтеграції має більш глибокий зміст, ніж поняття синтезу.

Дидактичне, методологічне, гносеологічне і соціологічне дослідження змісту поняття інтеграції є наслідком узагальнюючого відображення процесів інтеграції, які відбуваються у всіх науках, як природничо-математичних, так і психолого-педагогічних, що базуються не тільки на врахуванні предмета і методу сучасної філософії, але і специфіки предмета і методів інтегруючих конкретних галузей знань. Аналіз повинен іти як від філософії до окремих наук, так і від окремих наук до філософії [3].

Використання в єдності історико-генетичного і системно-структурного, інформаційного і організаційного аспектів проблеми інтеграції дає змогу підійти до інтеграції сучасної дидактики фізики як наукової дисципліни в якості [4]

- відкритої системи, яка розвивається і має складну структуру і певні функції, деякі загальні закономірності функціонування і розвитку;
- історичного етапу руху наукового методичного знання до єдності;
- специфічної (основної) форми єдності сучасної науки (дидактики фізики) і засоби її досягнення;
- процесу узагальнення і синтезу принципів дидактики

фізики наукових теорій;

- процесу взаємопроникнення, взаємопереносу наукової інформації понять, методів, теорій і т.д. із однієї науки в іншу (інші);
- процесу обмеження чи збільшення (розширення, поглиблення) різноманітності наук при їх взаємовідображенні;
- закономірної субординації і організації супідрядності функцій окремих наук основним функціям як єдиної цілісної системи;
- важливої закономірності (тенденції) соціально-педагогічного процесу і т.д.

У структурному плані поняття інтеграції науки включає наступні основні аспекти: **теоретико-гносеологічний** (інтеграція наукового знання); **продуктивно-виробничий** (інтеграція наукової діяльності вчених, викладачів, навчальних закладів і т.п.) і **соціально-практичний** (інтеграція науки як елемент у системі соціальної практики і суспільних відносин, її роль і активний зворотний вплив на всі сторони життя суспільства).

Як бачимо, поняття “інтеграція науки” значно ширше за об’ємом і глибиною від змісту поняття “інтеграція наукового знання”, оскільки відображає порівняно з ним більший інформаційний об’єм.

Аналогічне співвідношення і між такими поняттями, як “диференціація наукового знання” і “диференціація науки”, а також “єдність наукового знання” і “єдність науки”.

Можна зробити узагальнююче визначення: **інтеграція сучасної науки (дидактика фізики не виключення) – це дидактично взаємозв’язаний процес взаємопроникнення на загальній соціальній, гносеологічній і логіко-методологічній основі структурних елементів (наукової діяльності, інформації і методології) різних галузей знання, який супроводжується поглибленням їх узагальнення і системності, комплексності, ущільненості й організованості.** Інтеграція сприяє поглибленню соціально-педагогічної ефективності і результативності наукової творчості, зміцненню цілісності, системності і єдності педагогічної науки в цілому.

Інтеграція науки – це система, яка має відповідну структуру і функції і, разом з тим, це об’єктивний процес, який проходить у

своєму розвитку різні етапи, внаслідок чого поняття інтеграції, яке відображає даний процес, є розвиваючим поняттям.

У міру подальшого поглиблення і розширення інтегративної тенденції у дидактиці фізики будуть виявлятися її нові конкретні форми і напрямки. Поняття інтеграції у результаті цього буде поповнюватись все більш глибоким і конкретним змістом, все точніше виявляючи єдність загального, особливого і одиничного, все глибше відбиваючи єдність матеріального світу і його наукового пізнання.

Вивчення дидактичної, методичної, психологічної і філософської літератури дало нам можливість дійти до висновку, що при вивченні інтегративних процесів, притаманних сучасній вищій педагогічній і середній загальноосвітній школі, доцільно виходити з таких їх характеристик:

### **I. Цільові характеристики інтегративних процесів:**

- з якою дидактичною метою здійснюється інтеграція (формування наукової картини світу, системного стилю мислення, системи наукових понять про природу, людину; формування узагальнених підходів до вирішення комплексних проблем; генералізація знань; виховання стійкого інтересу до науки, навчального предмету, поваги до людини, природи);

- які загальні засади інтеграції (концептуальні положення інтеграційних процесів, ідеї, що використовуються при цьому);

- частиною якого більш загального процесу вони є, тобто в рамках якої системи цей процес існує і на які загальні завдання працює (наприклад, формування комплексних понять екології є компонентом екологічного виховання учнів тощо);

- яке місце інтеграційні процеси займають серед тих явищ, на фоні яких вони розгортаються (провідне, допоміжне, нейтральне);

- як вони контактують з іншими явищами (за принципом елемента системи, на правах ілюстративного фрагменту); як структурний елемент, що об'єднує навчальний матеріал у дидактичні блоки; як елемент, що сприяє розвантаженню інших навчальних предметів.

### **II. Змістовні характеристики інтегративних процесів**

Логіко-змістовна основа інтеграційних процесів – це їх про-



грама.

Незважаючи на вагомий вклад учених (дидактів, педагогів, психологів, філософів) у розробку проблеми інтеграції змісту освіти, процес його відбору у вітчизняній методичній науці часто здійснюється спонтанно. Зокрема, до цього часу не створені інтегративні курси з природничих наук.

Загалом для створення інтегративних курсів використовуються такі принципові положення: а) інтереси учнів є визначальним чинником; б) викладач перестає бути основним джерелом знань, він стає консультантом, лідером; в) змістовна структура навчального матеріалу строго не визначається, не регламентується, вона, як правило, модифікується в процесі вивчення конкретної проблеми.

Відомий дидакт В.Р. Ільченко [2, 3] всі інтегровані предмети поділяє на три групи:

1) навчальні предмети, що складаються з окремих розділів, частин, між якими немає логічного зв'язку;

2) навчальний предмет, в якому матеріал об'єднано навколо фундаментальних понять, ідей;

3) навчальні предмети прикладного характеру, що розглядають природничо-наукові знання з позиції прикладного значення.

Для нашого дослідження найбільшу цінність мають друга і третя групи навчальних предметів.

### **III. Напрямки реалізації інтегрованого підходу**

На сьогоднішній день намітились два головні напрямки реалізації інтегрованого підходу до формування змісту освіти. Перший, який найбільш висвітлений у методичній і педагогічній літературі, стосується встановлення міжпредметних зв'язків на рівні інтегрованих понять, формування міжпредметних модулів чи курсів. Цей напрямок активно розвивається сьогодні також у зв'язку з концепцією гуманітаризації освіти [7], тобто в даному випадку мова йде про міжпредметну інтеграцію при вивченні дисциплін природничого циклу.

Другий напрямок у результаті своєї очевидності значно рідше привертає увагу дослідників і тому часто залишається поза сферою методологічного вирішення. Він передбачає посилення інтеграційних процесів у межах окремого навчального предмета, тобто внутрішньопредметну інтеграцію. Цей напрямок частково

досліджений у роботах М.В. Гадецького [2], О.Є. Мисечко [2], А.В. Степанюк [2]. Наприклад, О.Є. Мисечко на основі методологічних умов цілісної організації змісту окремо взятих навчальних дисциплін виділяє такі засоби інтеграції [2, с.14]:

1. Систематизація наукових знань у відповідності з вихідною лінією еволюційного розвитку науки, при якій жодне з понять не подавалося б як випадкове, ізольоване, а розглядалось би як необхідний компонент сучасної наукової картини світу.

2. Виділення в єдиній системі знань фундаментальних, генералізуючих понять, теорій, законів, які б виявляли причинно-наслідкові та інші корелятивні зв'язки між головними та допоміжними елементами.

3. Глибока і рельєфна реалізація в навчальному матеріалі ідеї наступності знань, в якій проявлялась би органічна єдність знань, здобутих на сучасному етапі, та надбань історичного фонду науки.

4. Анкетування у змісті навчальних предметів ретроспективних та перспективних ліній розвитку науки з метою формування в учнів уявлень та переконань у прогностичних можливостях інтегрованих знань.

5. Широке використання при організації проблемного викладу матеріалу ситуацій, які б створювали умови для використання інтегрованих знань для вирішення поставленої проблеми.

М.В. Гадецький [2, с. 149-150] виділяє компоненти, які повинні бути інтегруючими внутрішньопредметними чинниками. Це: а) зміст науки, який охоплює терміни, поняття, закони, теорії як основу розуміння предметних знань; при цьому міжпредметні зв'язки здійснюються через спільне формування наскрізних понять: енергія, рівновага, різноманітність, будова атома, будова клітини та ін.; б) встановлення причинно-наслідкових зв'язків, а також вивчення методів одержання та оцінки наукових знань, основ експериментального методу, розвідок наукового знання як безперервного процесу та ін.; в) позитивне ставлення до природознавства через життєлюбність, зв'язок з технікою, життям і т.ін.

Внутрішньопредметна інтеграція повинна виходити із загальних цілей освіти, виховання та розвитку особистості, які включають формування наукових поглядів на природу, ро-

зуміння ролі фізики в житті сучасного суспільства і розвитку культури в цілому, формування соціальнозначущих орієнтирів, які обумовлюють відношення людини до світу та системи цінностей особистості.

Дослідник звертає серйозну увагу і на ідеї, навколо яких повинен інтегруватись зміст сучасної фізичної освіти:

- **ідея єдності** – уявлення про єдність матеріального світу, основи фізичної картини світу;
- **наступності** – врахування попередньої підготовки учнів;
- **генералізації** – зміст ґрунтується навколо фундаментальних законів і теорій;
- **понятійного ядра** – виділення для вивчення відносно вузького кола системи основних понять;
- **поєднання детермінізму з імовірністю** – статистичними уявленнями;
- **гуманітаризації**, бо фізика є елементом загальнолюдської культури;
- **ступінчатої побудови курсу фізики;**
- **діяльнісного підходу;**
- **системного підходу.**

Курси фізики для різних типів середніх загальноосвітніх шкіл (гімназій, ліцеїв, комплексів) мають бути різними, але інтегруватись навколо спільних цілей, завдань, профілів і забезпечувати:

1) загальнокультурний рівень розвитку учнів, інтереси яких лежать в галузі гуманітарних наук;

2) необхідну базу для учнів, майбутня професія яких буде пов'язана з фізико-технічним і технологічним напрямком діяльності;

3) поглиблену підготовку з фізики, при цьому внутрішньопредметна інтеграція повинна входити в систему зовнішньої міжпредметної інтеграції.

А.В. Степанюк [2, с. 28] також констатує, що можна виділити три основи інтеграції знань учнів про живу природу: а) матеріальна єдність світу; б) практична діяльність людини; в) гуманізація природничонаукових знань.

#### **IV. Форми інтегративних процесів**

В останнє десятиріччя отримали розповсюдження такі форми інтеграції:

1. *Предметно-образна*, яка пов'язана з формуванням цілісних уявлень про соціальне та природниче середовище. Ця форма інтеграції передбачає ознайомлення та опис об'єктів природи з позиції спеціально організованих спостережень, вимірювань, експериментів.

2. *Понятійна форма інтеграції* має місце при формуванні комплексних понять. Наприклад, коли об'єднується певна сукупність даних про той чи інший об'єкт природи та з позицій науки пояснюються закономірності його функціонування. Ця форма інтеграції є визначальною при засвоєнні учнями комплексних понять, при обговоренні гіпотез, систематизації понять тощо. Прикладом може слугувати формування поняття молекули в курсах хімії і фізики.

3. *Світоглядна форма інтеграції* – відбувається об'єднання різних форм сукупностей наукових фактів, гіпотез, законів, теорій для розкриття природничонаукової картини світу, для узагальнення досягнень світової культури і суспільної практики тощо.

4. *Діяльнісна*, коли здійснюється об'єднання різних видів діяльності (пізнавальної, трудової, екологічної, естетичної, економічної).

5. *Концептуальна* – передбачає об'єднання таких світоглядних, теоретичних і практично-пізнавальних елементів, сукупність яких регулює поведінку учнів у багатогранних та складних умовах життя. При цій формі інтеграції виникає найбільш глибокий тип взаємодії уявлень, понять, принципів, методів і прийомів; таких форм стилю мислення, як вибір прийняття рішень, оцінки, цінностей, норм.

Названі форми інтеграції часто перекриваються і використовуються в різних поєднаннях.

## **V. Організаційні форми навчання**

Інтеграція як внутрішня сторона процесу навчання здійснюється в межах його ж організаційних форм. Насамперед, це урок, семінар, лекція, навчальна екскурсія, практичні заняття, факультативи. Проте під впливом інтеграції змісту організаційні форми частково видозмінюються. Так, в якості самостійної фор-

ми виступає **інтегративний урок** [5, с. 4-6]. Предметом аналізу на таких уроках є різноманітні об'єкти, інформація про суть яких міститься в різних навчальних предметах.

Особливості проведення таких уроків, їх класифікація, дидактичні умови ефективності і результативності реалізації розкриті у дослідженнях, указаних вище, виходячи із поєднання навчальних предметів, матеріал яких розглядається на інтегральному уроці і складає його зміст, розрізняють гуманітарні, природничо-математичні та комплексні заняття. Дослідники визначають також дидактичні умови, що сприяють реалізації навчального, розвиваючого та виховного потенціалу інтегрального уроку, а саме: правильне виділення міжпредметних об'єктів вивчення на інтегральному уроці; раціонально організована спільна діяльність викладачів при підготовці до проведення інтегрального заняття; узгодженість дій викладача та учнів у процесі проведення уроку, активізація пізнавальної діяльності учнів на всіх етапах заняття; різноманітність форм навчальної діяльності та забезпечення наступності між ними; оперативне використання зворотного зв'язку для регулювання навчально-виховного процесу.

Таким чином, проведений аналіз стану теоретичної розробки проблеми інтеграції елементів змісту освіти та реалізації її доробок у навчальних програмах показав, що інтеграційні процеси вже зайняли певне місце в конструюванні проекту навчання. Проте вони все ще не повністю реалізують можливості формування в учнів цілісних знань як про природу взагалі, так і про живу природу зокрема. Проблема інтеграції знань все більше пов'язується з людським фактором.

## Література

1. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Интегративная функция обучения основам наук // Специалист. – 1995. – № 5-6. – С. 36-37; № 7. – С. 22-24.

2. Інтеграція елементів змісту освіти: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції / За ред. Ільченко В.Р. – Полтава: Інститут післядипломної освіти педагогічних працівників, 1994. – 234 с.

3. Раньшина Т.Н. Интеграция естественнонаучных дисциплин и философии // Специалист. – 2001. – № 8. – С. 16-17.

4. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Развитие дидактики физики как интеграционный процесс // Среднее профессиональное образование. – 1998. – № 11-12. – С. 39-45; 1999. – № 1. – С. 36-40; № 2. – С. 26-33.

5. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Интегральный урок по физике: возможности, проблемы и перспективы // Среднее специальное образование. – 1992. – № 1. – С. 4-6.

6. Сергеев О.В., Куриленко С.П. Тенденції інтеграції сучасної дидактики фізики як наукової дисципліни // Зб. наукових праць Кам'янець-Подільського держ. університету: Серія педагогічна. – Коломия: ВПТ “ВІК”, 2001. – Вип.7. – С. 44-51.

7. Барбина Е.С., Семиченко В.А. Идеи интеграции системности и целосности в теории и практике высшей школы. – К.: ИППО АПН Украины, 1996. – 420 с.

8. Васильева И.Н., Чепенко О.А. Интегрированное обучение и модульные педагогические технологии // Специалист. – 1997. – № 6. – С. 19-20.

9. Галюк Л.А. Интегративный урок // Специалист. – 2000. – № 4. – С. 19-20.

10. Дик Ю.И., Пинский А.А., Усанов В.В. Интеграция учебных предметов // Советская педагогика. – 1987. – № 9. – С. 42-47.

## ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ МАТЕМАТИКИ ТА ФІЗИКИ В УМОВАХ ПРОБЛЕМНОГО НАВЧАННЯ НА УРОКАХ ХІМІЇ У 8-11 КЛАСАХ ТА В ПОЗАУРОЧНИЙ ЧАС

Г.Л. Куцина  
м. Кривий Ріг, Середня школа №99

Використання вчителем у навчальній практиці знань з математики та фізики сприяє більш поглибленому засвоєнню учнями навчального матеріалу курсу хімії.

Проблемне вивчення хімії завжди пов'язано з інтенсивним розумовим процесом, з широким використанням у ході розв'язку навчальної проблеми аргументації міркувань та доведення їх істинності.

Так при вивченні теми у 8 класі “Кількість речовини. Моль – одиниця кількості речовини”. Розв'язується слідує навчальна проблема: *“Масові відношення газів, які знаходяться у посуді, відносяться 7:1, якщо посуд, який містить  $672 \text{ м}^3$  газової суміші, заповнені на  $1/3$  азотом та  $2/3$  воднем (за об'ємом (Н. У.)”*

При об'ємних відношеннях  $\text{N}_2$  та  $\text{H}_2$   $1/3:2/3$  відношення мас = 2,8 кг: 0,4 кг, тому затвердження, що масові відношення газів у посуді 7:1 – істина. Для розв'язку цієї проблеми необхідно використати слідує знання з математики: розв'язок математичних рівнянь, знаходження значень за формулами. Необхідно звернути увагу на те, що кожна хімічна задача може бути розв'язана декількома засобами.

Задача: *Знайти масу  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , який взаємодіє з  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , якщо з амоніаку, який утворюється в наслідку реакції необхідно приготувати 1 кг розчину масова частина аміаку в якому дорівнює 0,17.*

Розв'язую задачу за допомогою 8 засобів:

1-й – (розв'язок з використанням величини “кількість речовини” та її одиниці “моль”.

2-й – (арифметичний засіб).

3-й – (засіб пропорції)

4-й – (розв'язок за допомогою приведення до 1.

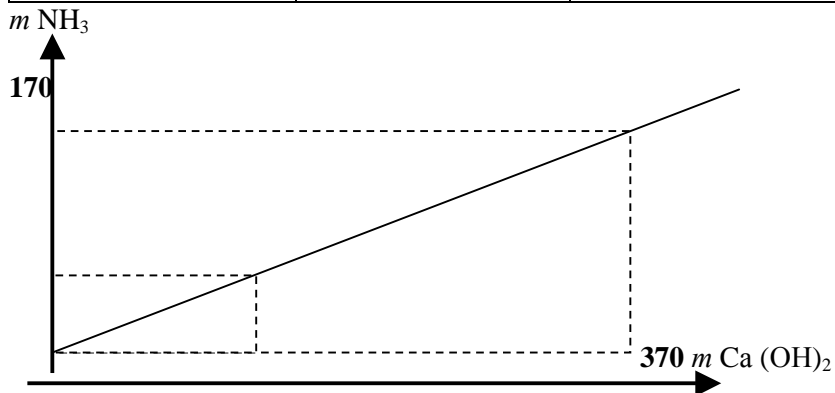
5-й – доведення алеграфічної формули та розрахунки за нею.

6-й – розв'язок через коефіцієнт пропорційності.

7-й – розв’язування на підставі закону еквівалентів.

8-й – графічний розв’язок: для будови графіка необхідно дві величини.

$m \text{ NH}_3$	0	34
$m \text{ Ca (OH)}_2$	0	74



Користуючись графіком можна знаходити як маси реагуючих речовин так і продуктів реакцій.

При вивченні курсу органічної хімії у 10 класі в темі “Насичені вуглеводні” необхідно пригадати слідуючи питання з курсу фізики: взаємодія електричних зарядів (механізм утворення ковалентного зв’язку на прикладі молекули метану), магнітні властивості речовин, напрямок протікання процесів у залежності від зміни запасу енергії (при вивченні термохімічного рівняння горіння метану, зворотних реакцій синтезу та розкладу метану).

У темі “Ненасичені вуглеводні” використовую такі фізичні поняття, як залишкова “деформація твердих тіл”, “пружність”, “пластичність” (полімерні матеріали: каучук).

За програмою 11 класу в темі “Естери” використовую знання учнів про поверхневий натяг та речовини, які його змінюють, поверхнева енергія, коефіцієнт поверхневого натягу, залежність коефіцієнту поверхневого натягу від природи рідини та від температури (синтетичні миючі засоби).

Таким чином використання знань з математики та фізики на уроках хімії та в позаурочний час (факультативи) сприяє формуванню творчої особистості учня, його інтелектуального потенціалу.



# ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИЛОВИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТІВ

Ю.І. Луценко  
м. Кривий Ріг, Центрально-Міський ліцей

Основною проблемою будь-якого виробничого процесу, у тому числі і магнітного збагачення, є висока вартість обробки сировини з метою одержання вихідного продукту. Основні витрати при виробництві концентрату пов'язані з використанням великої кількості електроенергії, що йде на створення в сепараторах могутнього магнітного поля. Спрощена схема сепаратора зображена на рис. 1.

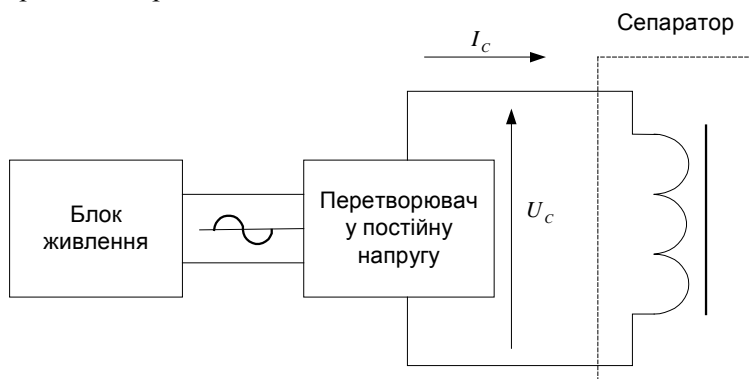


Рис. 1.

Електроенергія, що витрачається в сепараторі на створення магнітного поля, залежить від прикладених до сепаратора напруги, струму сепаратора і часу його роботи:

$$E = U_c \times I_c \times t,$$

де  $E$  – енергія, спожита сепаратором,  
 $U_c$  – напруга сепаратора,  
 $I_c$  – струм сепаратора,  
 $t$  – час роботи сепаратора.

У роботі було зроблено спробу підвищити ефективність роботи електромагнітів за рахунок використання такого фізичного ефекту, як момент інерції доменів і сила молекулярного тертя

при спробі їхнього переміщення в первісний стан.

Практично всі домени являють собою механічну систему. Це доводиться тим, що при перемагнічуванні матеріал нагрівається внаслідок наявності в ньому механічного тертя. А оскільки домени – це не тільки електричні елементи, а і механічні, то в них є інерція, властива всім механічним матеріалам.

Оскільки домени магніту, а також матеріалу, що притягається, створюють електромеханічну систему, мають інерційність, немає ніякої необхідності здійснювати живлення електромагніта постійним струмом. Крім того матеріал, що притягається, також має момент інерції. Для нормальної роботи всієї системи досить жити електромагніт пульсуючим однополярним струмом.

Для цього необхідно тільки правильно підібрати частоту імпульсів струму живлення, щоб матеріал, що притягається (наприклад залізна руда), «не помітив» підміни постійного живлення імпульсним.

З цією метою була зібрана установка імпульсного живлення електромагніта, що може бути використана у великих промислових установках (рис. 2.).

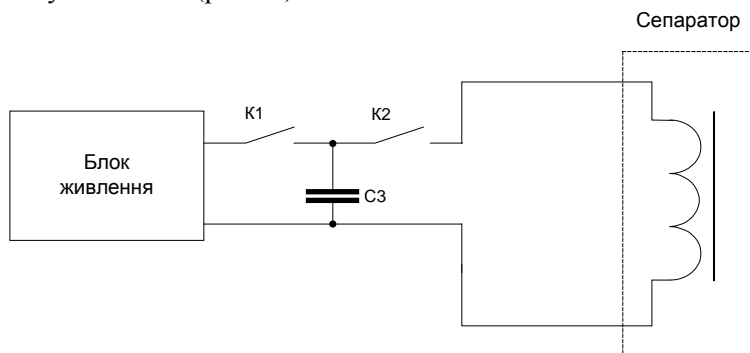


Рис. 2.

При замиканні ключа K1 заряджається конденсатор C3 після чого ключ K1 розмикається. При замиканні ключа K2 конденсатор віддає свою енергію електромагніту, після чого ключ K2 розмикається.

Такий пристрій має ту перевагу, що при збільшенні частоти,

енергія імпульсу живлення ( $W$ ) не змінюється і залежить тільки від ємності конденсатора ( $C$ ) і величини напруги ( $U$ ):

$$W = \frac{U^2 C}{2}.$$

У ролі таких ключів зручно використовувати так звані тиристри ( $T$ ) (рис. 3), що відкриваються короткими імпульсами струму, і самі закриваються при зниженні струму до нуля.

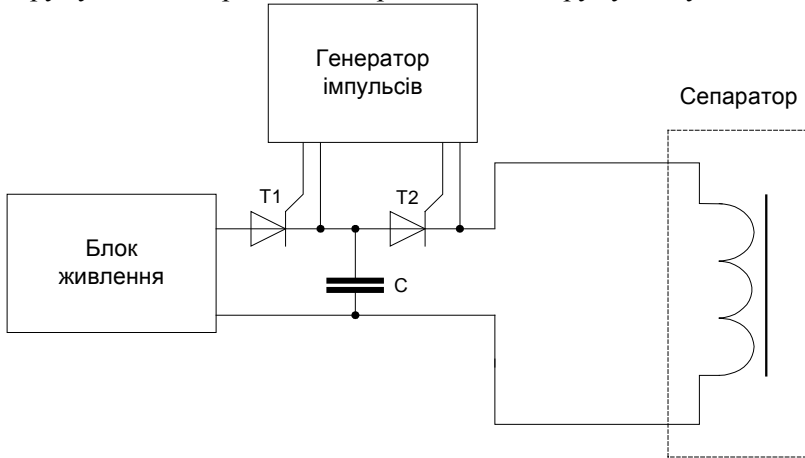


Рис. 3.

З метою визначення, чи існує інерційність доменів, було виконано дослід з двома соленоїдами. На перший соленоїд подавалися імпульси напруги постійної амплітуди, а з другого соленоїда, знімалися наведені в ньому імпульси напруги осцилографом (рис. 4). При цьому, як і слід було очікувати, амплітуда сигналу напруги зі збільшенням частоти не змінювалася.

В другому досліді обидва соленоїди було об'єднано металевим стрижнем. При збільшенні частоти імпульсів живлення амплітуда сигналів на другому соленоїді зменшувалася.

Частота, $f$	200	400	600	800	1000	1200
Амплітуда, $U$	0,39	0,37	0,34	0,32	0,30	0,28

Явище, що спостерігається, можна пояснити інерційністю доменів, які при збільшенні частоти не встигають повертатися на колишнє місце.

$$A = K/f$$

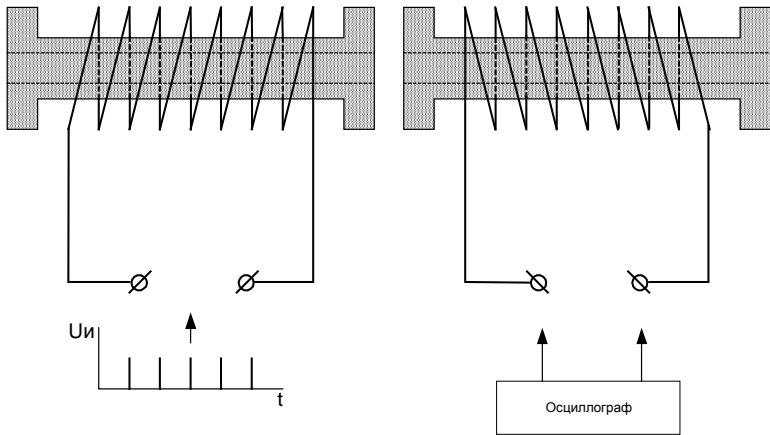


Рис. 4.

При цьому залежність була обернено пропорційна. Чим вище частота, тим менша амплітуда сигналу (рис. 5).

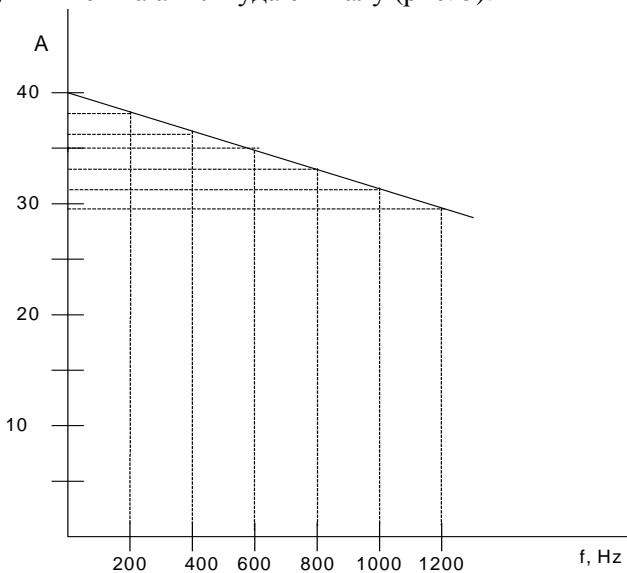


Рис. 5.

У третьому досліді, проводилися експерименти для визначення залежності тягового зусилля електромагніта від частоти напруги живлення при незмінній потужності імпульсів живлення

(рис. 6).

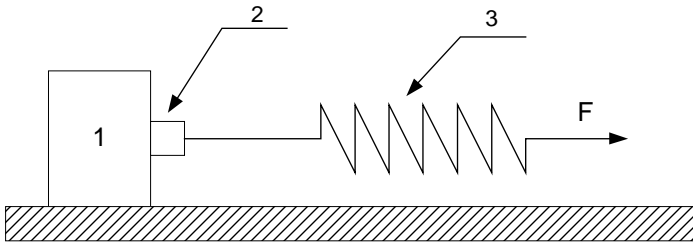


Рис. 6. 1 – електромагніт, 2 – стрижень електромагніта, 3 – динамометр.

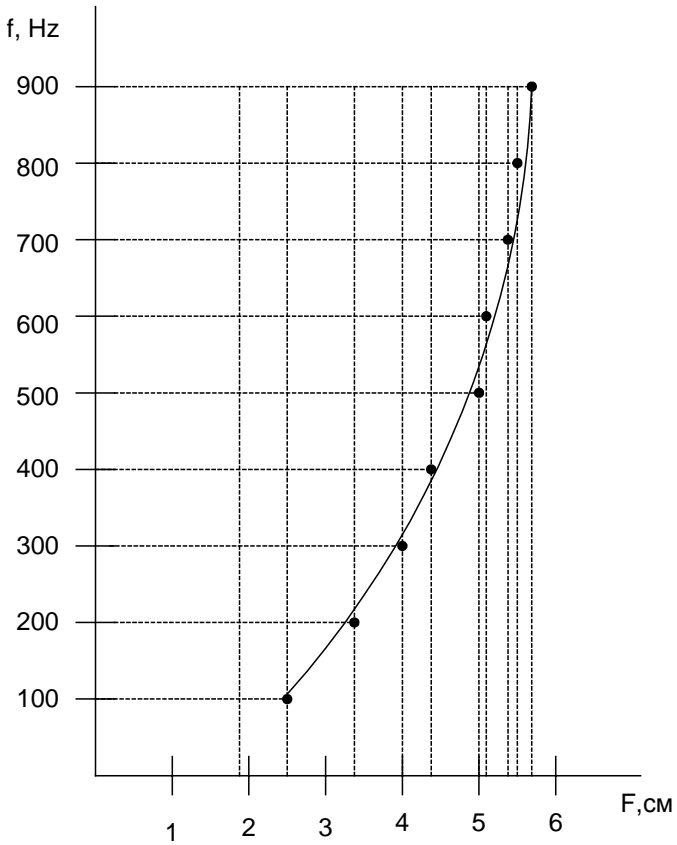


Рис. 7.

Результати експериментів відбиті в таблиці і подані у вигляді графіка (рис. 7).

$f$ , Гц	100	200	300	400	500	600	700	800	900
$F$ , см	5,5	5,4	5,1	5	4,4	4	3,3	2,5	1,9

Для того, щоб порівняти систему імпульсного живлення електромагніта і систему з постійною живлячою напругою, необхідно визначити тягове зусилля електромагніта для заданих параметрів  $U, C, f \rightarrow F$ , потім підібрати параметри  $U, I$  у режимі живлення постійним струмом, що забезпечує таке ж  $F$ .

Можна піти по іншому шляху. Забезпечити рівність величини споживаної енергії для імпульсного режиму і режиму живлення постійним струмом, а потім виміряти і порівняти їхні тягові зусилля.

### Висновки

1. З ростом частоти імпульсів живлення соленоїда, амплітуда наведених сигналів у другому соленоїді, зв'язаним металевим стрижнем з першим соленоїдом, зменшується.

Це можна пояснити наявністю інерційності доменів і силами тертя між молекулами сердечника електромагніта.

2. Тягове зусилля електромагніта збільшується з ростом частоти непропорційно. Самі імпульси живлення мають стабільну потужність завдяки стабільності енергії конденсатора живлення. Це означає, що використовуючи імпульсне живлення електромагнітів, можна будувати економічні електромагнітні системи, зокрема могутні магнітні сепаратори, що дозволить заощаджувати велику кількість електроенергії і знизити, наприклад, вартість залізорудного концентрату.

3. Цілком імовірно, гарний результат може вийти, якщо зібрати комбінований електромагніт, у якого одна катушка живиться постійною напругою, а друга пульсуючим. Велика пульсуюча напруга змінює орієнтацію доменів, а відносно слабке постійне електромагнітне поле дозволяє їх утримувати в проміжках між імпульсами живлення.

Література:

1. Эллиот Л., Уилкоккс У. Физика. – М.: Наука, 1975. – 736 с.
2. Магнит за три тысячелетия. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 190 с.
3. Электричество. – М.: Наука, 1977. – 591 с.
4. Большая Советская энциклопедия. Том 15. – М.: Советская энциклопедия, 1974.
5. Справочник по электрическим конденсаторам. – М.: Радио и связь, 1983. – 575 с.

## ЭСТЕТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

В.Н. Макидон

г. Кривой Рог, Средняя школа №99

Физику, как и математику, принято относить к точным наукам. И уж если прозвенел звонок, то многие учителя считают, что все постороннее – литература, искусство, поэзия – должно уступить место строгому доказательству и формулам. В свете задач, стоящих перед школой, этого явно недостаточно. На уроках физики школьники должны получать не только объем знаний, но и учиться видеть, понимать, чувствовать внутреннюю красоту науки и самого процесса познания. История физики богата примерами, которые доказывают, какую большую роль в творческом процессе ученых играли чувства, вызванные произведениями искусства. «Биографы любили умиляться по поводу того, что великие ученые... находили время играть на скрипке или писать стихи и музыку. Но искусство не только и не столько хобби в жизни ученого, сколько совершенно необходимая для самой научной деятельности «гимнастика ума», «тренировка» его способности рождать фантазии, находить новые связи и ассоциации». Как иначе можно объяснить увлечение Дж Максвелла поэзией, неиссякаемую тягу С.И. Вавилова к гетевскому «Фаусту», любовь А. Эйнштейна к Моцарту и его знаменитое высказывание: «Достоевский дает мне больше, чем любой научный мыслитель, больше чем Гаусс».

Академик А.И. Маркушевич писал: «Было бы очень хорошо, это было бы просто счастьем, если бы творческое продвижение человека к вершинам науки всегда сопровождалось глубоким проникновением в мир искусства и взаимно - овладение высотами искусства способствовало бы научному творчеству». Вот это единство, названное им «сердцевиной духовной деятельности человека», нужно воспитывать «с младых ногтей» и на занятиях точными науками.

Так, многие замечали блеск в глазах семиклассников, когда они впервые приходили в кабинет физики, брали в руки учебники физики. Это и понятно. Как театр «начинается с вешалки», так физика для школьников начинается с кабинета физики: свет-



лого, уютного, с увлекательными стендами. Нельзя не сказать о «нарядности» учебников, что, несомненно, так же способствует формированию эстетического вкуса учащихся.

Не секрет, что от начальных уроков во многом зависит отношение учащихся к предмету вообще. Вот здесь и приходит на помощь искусство. На фоне музыки, рассказываю «Притчу о красавице Физике», начав ее, так как начинают рассказывать сказку: «В некотором царстве, в некотором государстве жил был человек. Имя тому царству – Природа, а королевой в царстве Природы была, гордая, мудрая красавица Физика... И была у неё надежная опора – ученые-гиганты, имена которых хорошо бы запомнить: Архимед, Аристотель, Г. Галилей...»

Далее открываем новенький учебник физики и первое имя и первый портрет, с которым встречаются ребята – М.В. Ломоносов, кто, по крылатому выражению А.С. Пушкина, «сам был первым нашим университетом». Так и встретились для ученика «физики» и «лирики». Вся жизнь титана эпохи итальянского возрождения великого Леонардо да Винчи есть монумент синтеза наук и искусства, неподражаемый образец человеческого гения. Как никто другой, похож на сказочного волшебника А. Эйнштейн, опрокинувший привычные для человека представления о мире. С большим интересом ребята слушают легенду о Ньюtone и его открытии одного из удивительных своей всеобщностью законов – закон притяжения тел друг к другу. На этом можно было бы и закончить притчу, если бы у нее было окончание. Ведь природа и ее познание бесконечны.

Давайте теперь, – продолжаю я, – поговорим немного о красоте физики. Ребята называют доступные нам красоты окружающей природы: лунная дорожка на воде, вид звездного неба ночью и его голубизна днем, полярное сияние, радуга... Но при чем здесь физика? А притом, что во всех названных явлениях и предметах есть физические закономерности. И, естественно, основные усилия направляю на раскрытия перед воспитанниками эстетических аспектов самой физики как науки. Для поддержания эмоционального настроения учащихся на уроках физики использую отрывки из произведений художественной литературы, так как они богаты описаниями тех или иных физических явлений природы, интересными фактами. Редкий ученик не улыбнет-

ся, когда вдруг на уроке учитель начинает читать: «Однажды Лебедь, Рак и Щука...»

Можно смело утверждать, что нет ни одного вопроса при изучении оптики, который бы так или иначе нельзя было проиллюстрировать примерами из области искусства. И хотя сам раздел «Оптика» изобилует красивыми опытами, выводами и законами, искусство привлекается на урок, чтобы показать, сколько необходимы знания оптических явлений для художника.

Называя цвета в спектре, стараюсь вызвать интерес школьников справкой о том, что весь спектр отражает огромную гамму эстетических чувств человека. В подтверждение тому привожу слова известного специалиста по технической эстетике Жана Вьено: «Цвет способен на все: он может родить свет, успокоение или возбуждение. Он может создать гармонию или вызвать потрясение: от него можно ждать чудес, но он может вызвать и катастрофу». Также цвета делятся по температурным впечатлениям – теплый (красный, оранжевый и др.) и холодные (голубой, синий); по тяжести – легкие (светлые цвета), тяжелые (темные). Небезынтересно напомнить, что и наука использует цветные термины «красное смещение», «красная граница фотоэффекта», «черные дыры», «черный ящик», как будто эпитеты одинаковы, а физический смысл разный.

Так и в живописи – один и тот же цвет в разном окружении может вызвать разные чувства, подчас противоположные – радостные и отталкивающие, например, красное знамя на рейхстаге и кровь на пальцах и лице репинского И. Грозного. Изучая законы отражения и преломления света, привожу пример опрокинутого пейзажа на спокойной поверхности воды, которое выполняется по правилам зеркального отражения. Еще в молодости Леонардо да Винчи придумал способ писать текст слева направо, который можно было читать только в зеркальном отражении.

А теперь прислушаемся к разговору скульпторов. Сколько в их речи чисто физических понятий: «деформация» и «напряжение», «равновесие масс», «площадь опоры», «центр тяжести» и «устойчивость». Ученики часто в своей жизни встречаются со скульптурой – тут и парковая культура, и памятники на площадях и улицах. Но знают ли учащиеся, сколько физики должен знать скульптор? Решая художественные задачи, скульптор дол-

жен учитывать свойства материала: пластичность и упругость, жесткость и хрупкость (10 кл.), уметь рассчитать давление и плотность (7 кл.), устойчивость равновесия масс и простейшие параметры колебаний (9 кл.). Другими словами, скульптуру требуется как художественно-образное, так равно и конструкторско-технологическое мышление. Как же это проявляется в конкретных случаях? При изучении темы «Простые механизмы» в 7-ом классе в эстетическом плане привожу следующие примеры: рассказываю о великолепной скульптуре Давида, изваянного великим мастером эпохи возрождения Микеланджело. Нужно было решить сложную техническую задачу по перевозке скульптуры, за которую взялся другой титан мысли – Леонардо да Винчи. В течении 3-х дней Леонардо руководил работой 40-ка человек, которые с помощью воротов и рычагов перемещали все сооружения. День 16.05.1504 г., когда Давид занял свое место на площади, стал для флорентийцев новой точкой отсчета времени.

Увлекательная работа французского скульптора Э. Фальконе по созданию конного памятника Петру I в Ленинграде «Медный всадник», которой предшествовал тяжелый и изнурительный труд крестьян по извлечению «гром-камня» из пятиметровой глубины болотной топи и доставка в Петербург. На помощь опять пришли простые механизмы: *рычаг, ворот, литые бронзовые шары, которые перекатывались в деревянных желобах*. Образ Петра на скачущем коне сложился у скульптора сразу. Но задуманное надо было закрепить технически. Далее следует интереснейший рассказ о творческих поисках скульптора, о том, как он решает создать третью точку опоры – под задними копытами коня появляется змея, символизирующая врагов России. Как не восхищаться таким тонким знанием механики и высоким эстетическим вкусом мастера?!

Мир колебаний! Он многообразен и всеобъемлющ. Сколько абстрактных понятий, математических уравнений приходится запомнить ученику, под час так и не почувствовав, в чем же все-таки гармония всех параметров колебательного движения. Поэтому вначале изучения данной темы рассказываю ребятам о практическом приложении колебаний. К примеру, ученики с интересом воспринимают факт колебаний Останкинской башни. Важно, чтобы ребята поняли, что элементарные формулы для

описания колебаний пружинного или математического маятника лежат в основе расчетов сложнейших сооружений. И, как доказательство сказанному, следует рассказ о применении физических знаний в сооружении и эксплуатации 52-метровой скульптуры «Родина – мать» на Мамаевом кургане в Волгограде, автором которого является скульптор Е.В. Вучетин. Дело в том, что уже через полтора месяца после завершения строительства памятника титановая обшивка каркаса меча стала греметь. Вершина 28-метрового меча даже при небольшом ветре раскачивалась с размахом до полуметра, что грозило разрушением великолепной скульптуры. Строители устранили вибрацию, вызванную срывами воздушных вихрей с поверхности меча, установив динамический гаситель колебаний. Теперь амплитуда колебаний не превышает нескольких миллиметров.

Практика показывает, что подобные эмоционально-эстетические рассказы, особенно перед трудными темами, не только значительно повышают интерес учащихся, но и позволяют вести профориентационную работу. Говоря об эстетическом воспитании на уроках физики, нельзя не сказать об эстетике техники и производства, эстетике физических теорий, эстетике труда и поведения.

«Мы должны любоваться и небом, и красотой законов физики, которые объясняют его голубизну. Научное познание не иссушает, а обогащает душу человеческую». Собственно, весь курс изучения науки о природе должен подвести сознание учащихся к пониманию, а чувства – к восприятию совершенства поразительной гармонии, целостности и целесообразности природы. Изучая, например, преломление, полное отражение и дисперсию света, мы говорим о красоте радуги. Почему бы ни дать задание ребятам полюбоваться закатом или восходом солнца, а потом попробовать объяснить эти явления?

Методических путей и форм эстетического воспитания учащихся средством школьного курса физики, очень много. Однако, как и в любом деле, противопоказаны крайности: плохо, когда на занятиях царствует голый прагматизм, но и не лучше, если урок превращается в спектакль, где слишком много музыки, стихов – излишних эмоций. Нужна гармония!

## **ДЕЯКІ АСПЕКТИ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНЬ З ФІЗИКИ**

Є.Б. Малець, О.М. Мялова, В.М. Сергєєв  
м. Харків, Харківський державний педагогічний університет  
ім. Г.С. Сковороди

Важливою умовою підвищення ефективності учбового процесу є систематична об'єктивна інформація (обернений зв'язок) про хід учбово-пізнавальної діяльності учнів, яку можна одержати в процесі контролю, тобто виявити, встановити і оцінити знання учнів, правильність, об'єм, глибину засвоєних ними знань.

В останній час значна увага приділяється тестовому контролю знань з використанням книжок (карток) і комп'ютерів, при цьому пропонуються завдання різного рівня, тобто здійснюється диференційний підхід в оцінці знань учнів. Такий підхід має сенс в умовах скорочення годин, відведених на вивчення природничих дисциплін, але на наш погляд, треба використовувати комплексний контроль знань, і в цих умовах значну увагу приділяти домашнім дослідом і спостереженням, експериментальним та якісним задачам.

Виявлення і оцінка знань забезпечується періодичним контролем. Його мета – встановити, наскільки успішно учні оволодівають системою певних знань, який загальний рівень їх засвоєння, чи відповідає він вимогам програми. Періодичний контроль проводиться після вивчення логічно завершеної частини учбового матеріалу – теми, підтеми, кількох тем, або повного курсу. Задача тематичного контролю перевірити і оцінити знання по кожній темі, виявити, як засвоєні поняття, зв'язки і відношення між явищами і процесами, що охоплює дана тема. Для цього контролю досить актуальним є використання тестів. Досвід показує, що на тести можуть одночасно відповідати два-три учні, що дає їм можливість спілкуватись, обґрунтовувати відповіді, користуватись знаннями законів, правил з даної теми, або всіма необхідними для правильної відповіді знаннями. Контроль в процесі вивчення матеріалу розв'язує задачу керівництва навчальним процесом. В цьому велику роль відіграють кількісні,

якісні та експериментальні задачі.

Мета експериментальних задач – виробити в учнів важливу психічну установку: знання потрібні для того, щоб застосовувати їх на практиці.

В основу експериментальних задач покладено конкретні випадки прояву загальних фізичних законів, де у кожній задачі фізична суть превалює над математичною. Такі задачі збуджують інтерес до науки, виховують у учнів творчу ініціативу, розвивають здібності, формують експериментальні уміння та навички. При контролі знань доцільно розв'язувати комбіновані задачі, що вимагають знань з різних розділів предмета, міжпредметних зв'язків. Наприклад, треба визначити густину невідомої рідини. Обладнання: посудина з невідомою рідиною, посудина з водою, дерев'яний прямокутний брусок, лінійка. Використовуючи знання з механіки, закон Архімеда, учні експериментально визначають потрібну величину. Можна також показати, як за допомогою лінійки визначити висоту Сонця над горизонтом, користуючись знаннями з геометрії, і запропонувати визначити висоту телеграфного стовпа в сонячний день. Такі завдання можна зробити вдома, при цьому учні набувають вміння працювати самостійно.

Якісні задачі – це задачі, розв'язання яких ґрунтується на всебічному аналізі фізичних явищ та логічних висновках, зроблених внаслідок такого аналізу. Для розв'язування таких задач треба добре розбиратись у взаємозв'язках явищ, застосовувати різні прийоми самостійної роботи.

Метою розв'язування якісних задач є виявлення стану знань учнів в будь-який момент навчання, а це – необхідна умова для оптимальної організації навчального процесу.

Виявити вміння учнів аналізувати фізичні явища, встановлювати причинні зв'язки між ними і робити правильні висновки допомагає аналіз змісту та хід розв'язування якісних задач, сприяє поглибленню і закріпленню знань, розвиває логічне і фізичне мислення, допомагає набувати вміння застосовувати теоретичні положення для пояснення фізичних явищ. Правильне розв'язання якісної задачі свідчить про осмислене і глибоке знання відповідного матеріалу.

Розв'язування якісних задач можна практикувати не тільки

для перевірки і обміну знань, але і для повторення вивченого, для забезпечення зв'язку навчання з життям.

Наприклад: 1) як, використовуючи закони механіки, досвідчені водії під час рейсів економлять паливо? 2) Щоб зробити стрибок у висоту спортсмени використовують жердину, яка її роль? 3) Чому забороняючий сигнал світлофору має червоний колір?

Якісні задачі з практичним змістом прищеплюють учням практичні вміння і навички, дають можливість застосувати теоретичні знання на практиці.

Учні здобувають знання, виконуючи домашні досліди і спостереження, це сприяє розвитку активності і самостійності, а якщо домашні досліди містять елементи цікавого, то вони виконуються з натхненням. Аналіз виконаних домашніх дослідів і спостережень можна поєднувати з перевіркою знань.

Кожний домашній дослід і спостереження доцільно виконувати в такій послідовності: 1) усвідомлення мети дослід, чи спостереження; 2) з'ясування фізичних процесів, що лежать в його основі; 3) відтворення в пам'яті зв'язків між фізичними величинами, які характеризують відповідні процеси; 4) аналіз можливих способів і варіантів проведення дослід, чи спостережень; 5) встановлення переліку потрібних приладів і матеріалів та відшукування їх серед предметів домашнього вжитку.

Наприклад: 1) розглянути предмети домашнього вжитку: ніж, ножиці, сікач, лопату, інше. Які прості механізми лежать в основі будови цих предметів? 2) щоб охолодити склянку чаю, доводиться чекати. Коли він швидше охолоне: якщо відразу почекати, а тоді вкинути цукор, чи навпаки?

Опис виконаних домашніх дослідів і спостережень можна оформити в вигляді рефератів, або включити до контрольної роботи.

Тільки при великій пізнавальній активності учнів їхні знання будуть міцними.

## ПРО ДЕЯКІ ФІЗИЧНІ ТЕРМІНИ ТА ОЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ І ВЕЛИЧИН

М.М. Медюх

м. Тернопіль, Тернопільський державний технічний університет  
ім. Івана Пулюя

Одним з фундаментальних методологічних понять у фізиці є поняття фізичного явища – процесу зміни положення або стану фізичної системи.

Розуміння суті фізичного явища є надзвичайно важливим елементом процесу пізнання взагалі й навчального процесу зокрема. Тому необхідно виробити раціональну (оптимальну) форму дефініції фізичного явища. Слово “дефініція” (від латинського *definitio*) треба розуміти як “коротке визначення якогось поняття” [1]. Слово “визначення” має багато значень, зокрема ним позначають і “дію на встановлення, розпізнавання чого-небудь з певними ознаками”, і “формулювання, вислів, у якому розкривається зміст чого-небудь, його істотні ознаки, наукове значення” [2]. Обидва значення, як бачимо, суттєво різняться. Тому доцільно кожне з них позначити різними термінами, а саме, залишити для першого (дії) назву “визначення”, а друге (формулювання) назвати словом “означення”. Отже, українським відповідником латинського терміну “дефініція” будемо надалі вважати лише словесну характеристику, формулювання, вислів, що розкриває зміст, істотні ознаки чого-небудь.

Жодне з означень не є вичерпним (достатнім), бо не може охопити всіх істотних ознак чого-небудь. Крім-того, для полегшення засвоєння означень у навчальному процесі важливо, щоб вони були короткими, стислими, а не довгими і громіздкими. Тому в означенні слід виділити лише найголовніші з ознак.

Що ж стосується форми означення фізичного явища, то, на нашу думку, в першу чергу треба розкрити його фізичну суть, а вже потім – умови, при яких це явище спостерігається. Проілюструємо сказане на прикладі інтерференції хвиль.

В літературі, зокрема у [3], явище інтерференції хвиль означене як явище “накладання в просторі двох (або декількох) хвиль, при якому в різних його точках отримується підсилення



або послаблення амплітуди результуючої хвилі”. В цьому означенні на першому місці стоїть умова (накладання), при якій настає інтерференція, а, точніше, лише одна з умов. Суть же явища (посилення і послаблення хвиль) відсунута на друге місце, що часто утруднює її з’ясування учнями і студентами.

В означенні інтерференції хвиль, краще було б розділити суть і умови й подати їх окремими реченнями, поставивши на першому місці суть, а на другому умови. Тоді означення інтерференції можна представити у такій редакції: “Інтерференція – це явище підсилення і послаблення хвиль або перерозподілу енергії хвиль у просторі. Інтерференція спостерігається при накладанні монохроматичних когерентних і однаково поляризованих хвиль”.

Поняття фізичної величини також належить до небагатьох фундаментальних методологічних понять у фізиці.

Під фізичною величиною (коротко – величиною) розуміють характеристику властивості фізичного об’єкта (системи, явища або процесу), яка є спільною у якісному відношенні для багатьох фізичних об’єктів, але у кількісному відношенні індивідуальною для кожного об’єкта [4]. Отже, фізична величина має якісну і кількісну частини. З пізнавальних і дидактичних міркувань важливо, щоб в означенні конкретної фізичної величини було відображено кожну з цих частин.

У якісній частині означення фізичної величини повинна бути з’ясована фізична суть або, іншими словами, повинна бути дана відповідь на запитання: “Що (яку властивість фізичного об’єкта) характеризує відповідна фізична величина взагалі?”, а у кількісній частині повинна бути дана відповідь на запитання: “Чому дорівнює числове значення відповідної фізичної величини зокрема?” Якісна і кількісна частини означення певної фізичної величини можуть бути представлені окремими реченнями або одним реченням, у якому зв’язуючим елементом між відповідними частинами означення є сполучник “і”.

Для з’ясування кількісної частини означення фізичної величини потрібно вибрати означальну формулу-співвідношення, яке виражає певний природний зв’язок і залежність між означуваною та іншими, загальнішими, фізичними величинами.

Для прикладу наведемо означення напруженості електрич-

ного поля. Означальним у цьому випадку зручно вибрати співвідношення:  $E = \frac{F}{q}$ , де  $E$  – напруженість поля,  $F$  – сила, з

якою поле діє на електричний заряд  $q$ . Тоді, виходячи зі сказаного, можна дати наступне означення напруженості: напруженість електричного поля – це величина, що є силовою характеристикою поля і чисельно дорівнює силі, з якою поле діє на одиничний електричний заряд, поміщений в дану точку поля. Вжите в означенні слово “одиничний” дозволяє абстрагуватися від конкретної фізичної системи одиниць.

Важливим є також питання про терміни або назви (найменування) фізичних величин. Наявність кількох синонімів у назвах однієї і тієї ж фізичної величини, багатослівні громіздкі назви створюють утруднення в науковій роботі й навчальному процесі. Тому існує потреба в уніфікації термінів, а також заміна складних багатоелементних назв фізичних величин коротшими, простішими і зручнішими у вживанні. При цьому слід пам’ятати, що терміни повинні адекватно відбивати суть (зміст) відповідних величин і вкладатися у певну схему. Наприклад, не зовсім чіткі багатоелементні терміни “випромінювальна здатність”, “роздільна здатність або роздільна сила” [3] можна замінити однослівними, зручними у вимові й написанні, термінами “випромінюваність” і “роздільність” відповідно.

1. Словник іншомовних слів. – Київ: Головна редакція Української радянської енциклопедії АН УРСР, 1974. – С. 205.
2. Новий тлумачний словник української мови. – Київ: Анконіт, 2000. – С. 289.
3. Физический энциклопедический словарь. – Москва: Сов. энцикл., 1984. – С. 223.
4. Чертов А.Г. Физические величины. – Москва: Высшая школа, 1990. – С. 9.

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ ТЕЛ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Р.М. Менумеров, С.А. Зубенко, О.В. Зубенко  
г. Симферополь, Крымский государственный  
индустриально-педагогический институт

Расчет величины сил взаимодействия электрических зарядов, распределенных на поверхности (или в объеме) тел, в вузах, производится посредством разбиения его на бесконечно малые части с последующим интегрированием в установленных пределах [1, 2]. При этом, в некоторых случаях, возникают трудности вычислительного характера, а так же парадоксальные ситуации, связанные с получением результатов, не имеющих реального смысла (обращение сил в бесконечность, неравенство нулю векторной суммы сил, действующих в замкнутой системе, и др.). Данные проблемы, в значительной мере, обусловлены особенностями распределения зарядов в областях со значительной кривизной поверхности и некорректным выбором пределов интегрирования.

С данной точки зрения рассмотрим задачу расчета сил взаимодействия между частями устройства, представляющего собой тонкий проводящий стержень конечной длины, изогнутый под прямым углом. По поверхности стержня равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\tau$ . Данная задача имеет и прикладное значение связанное с расчетом усилий, возникающих в конструкциях подобного типа, где наряду с внешними нагрузками действуют электростатические силы (обусловленные электризацией в процессе технологических операций, сопровождающихся трением, размельчением и др.).

Основой для расчетов является закон Кулона в векторной форме, определяющей силу взаимодействия элементов стержня в окрестности точек  $P_1$  и  $P_2$  (рис. 1).

$$\overline{dF}_{12} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{dq_1 \cdot dq_2}{\{r_{12}\}^3} \cdot \vec{r}_{12} \quad (1)$$

где  $dF_{12}$  – вектор силы, действующей на заряд  $dq_1 = \tau dl_1$  со сторо-

ны заряда  $dq_2 = \tau dl_2$ ,

$$\vec{r}_{12} = \vec{i}x + \vec{j}y \quad r_{12} = \sqrt{x^2 + y^2} \quad d\vec{l}_2 = \vec{i}\tau \cdot dx \quad d\vec{l}_2 = \vec{j}\tau \cdot dy$$

$r_{12}$  – радиус вектор, проведенный из  $P_1$  в  $P_2$  в выбранной системе координат.

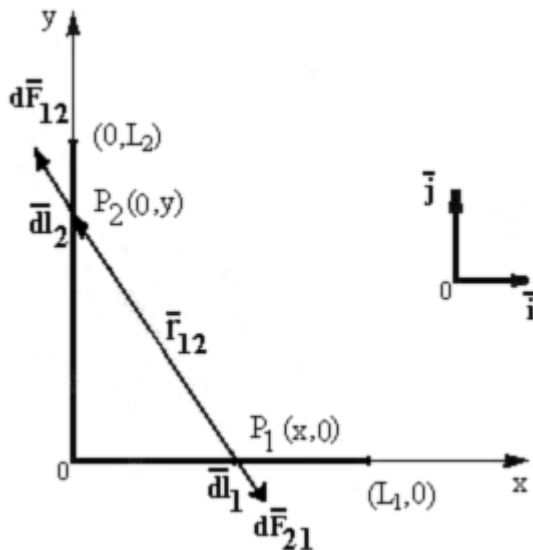


Рис. 1.

При указанных условиях результирующая сила, определяется двойным интегрированием по осям координат  $X$  и  $Y$  в пределах длин стержней  $L_1$  и  $L_2$ .

$$\vec{F}_{12} = \frac{\tau^2}{4\pi\epsilon_0} \left[ \vec{i} \int_0^{L_2} \int_0^{L_1} \left[ \frac{x}{(\sqrt{x^2 + y^2})^3} \right] dx dy - \vec{j} \int_0^{L_2} \int_0^{L_1} \frac{y}{(\sqrt{x^2 + y^2})^3} dx dy \right] \quad (2)$$

Выполнив вычисления указанного интеграла, приходим к выражению:

$$\vec{F}_{12} = \frac{\tau^2}{4\pi\epsilon_0} \left[ \vec{i} \int_0^{L_2} \left[ \frac{-1}{\sqrt{(L_1)^2 + y^2}} + \frac{1}{y} \right] dy - \vec{j} \int_0^{L_2} \frac{L_1}{y\sqrt{(L_1)^2 + y^2}} dy \right]; \quad \vec{F}_{12} = \infty$$

Как видим, при использовании указанных границ интегри-

рования, величина силы –  $F_{12}$  ( $F_{21}$ ) принимает бесконечно большие значения, и задача оказывается неразрешимой.

Внимательный анализ полученных результатов показывает, что в расчетных уравнениях не отражены особенности распределения зарядов в области сопряжения прямолинейных участков рассматриваемой конструкции.

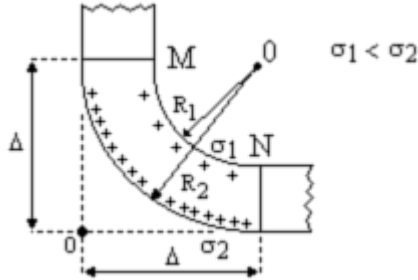


Рис. 2.

На рис. 2 представлена конструкция рассматриваемого устройства, полученного в результате изгиба прямолинейного заряженного стержня. В этом случае формируется криволинейный участок  $MN$ , характеризующийся неравномерным распределением электрических зарядов, вклад которого в рассматриваемую силу не учтен в выражении (2). На языке формальной математики данный результат обусловлен некорректным выбором пределов интегрирования, допускающего неоднозначность функции в какой-либо точке (в нашем случае в точке  $O$ ).

Неравномерность распределения зарядов в указанной области обусловлена различием кривизны поверхностей, образующих вогнутую и выпуклую части области  $MN$ . Известно, что плотность электрических зарядов на поверхности проводников сложной формы определяется выражением (3).

$$\sigma = C \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (3)$$

где  $R_1, R_2$  – главные радиусы кривизны поверхности в рассматриваемой точке,  $C$  – постоянная, определяемая первоначальным распределением зарядов. Приняв во внимание неизменность кривизны одной из поверхностей (радиуса поперечного сечения стержня), можно показать, что изгиб стержня сопровождается

перераспределением зарядов, вследствие чего поверхностная плотность  $\sigma$  на выпуклой части рассматриваемого участка увеличивается, а на вогнутой – уменьшается. Однако первоначальное распределение зарядов по поверхности вне области сопряжения стержней не изменяется. Учитывая это, задача расчета сил взаимодействия, сформулированная выше, сводится к вычислению интеграла (2), нижний предел которых определяется геометрическими параметрами области сопряжения. В этом случае расчетный интеграл принимает вид:

$$\bar{F}_{12} = \frac{i \cdot \tau^2}{4\pi\epsilon_0} \int_{\Delta}^{\Delta+L_2} \int_{\Delta}^{\Delta+L_1} \frac{x}{(\sqrt{x^2+y^2})^3} dx dy - \frac{j \cdot \tau^2}{4\pi\epsilon_0} \int_{\Delta}^{\Delta+L_2} \int_{\Delta}^{\Delta+L_1} \frac{y}{(\sqrt{x^2+y^2})^3} dx dy \quad (4)$$

где  $\Delta=R$  – радиус дуги сопряжения.

Вычисляя (4), получаем (окончательное) выражение для вычисления сил взаимодействия в указанной системе распределенных зарядов.

$$F_{12} = |\bar{F}_{12}| = \sqrt{(\bar{F}_{12})_x^2 + (\bar{F}_{12})_y^2}$$

$$F_{12} = \left( \frac{\tau^2}{4\pi\epsilon_0} \right) \cdot \left[ \ln \left[ \frac{[(\Delta+L_2) + \sqrt{\Delta^2 + (\Delta+L_2)^2}] \cdot [\Delta + \sqrt{\Delta^2 + (\Delta+L_1)^2}]}{(1+\sqrt{2}) \cdot [(\Delta+L_2) + \sqrt{(\Delta+L_1)^2 + (\Delta+L_2)^2}] \cdot \Delta} \right] \right]^2 +$$

$$\left[ \operatorname{arctg} \left[ \frac{(\Delta+L_1)}{\sqrt{(\Delta+L_1)^2 + (\Delta+L_2)^2}} \right] \cdot \left( \frac{L_1 - \Delta}{\Delta+L_1} \right) + \left[ \frac{\Delta+L_1}{\sqrt{\Delta^2 + (\Delta+L_1)^2}} \right] - \operatorname{arctg} \left[ \frac{\Delta}{\sqrt{\Delta^2 + (\Delta+L_2)^2}} \right] - \operatorname{arctg} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \right]^2 \cdot \frac{1}{2}$$

Следует отметить, что исключение участка  $MN$ , при расчете сил взаимодействия между частями рассматриваемого устройства, возможно лишь при условии  $R \ll L_1, L_2$ , в противном случае задача усложняется и решается в общем случае численными методами (либо моделированием на компьютере). Однако из ри-

сунка 2, видно, что основной вклад указанного участка в результирующую силу определяется составляющей по осям  $X$  и  $Y$ . При расчете прочности реальных конструкций подобного типа, указанные составляющие сил (осевые силы) можно не учитывать.

*Список основных использованных источников:*

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: Гостехиздат, 1976. – 612 с.
2. Калашников С.Г. Электричество. – М.: Наука, 1995. – 576 с.
3. Хэг Б. Электромагнитные расчеты в технике и промышленности. – М.: Энергопромиздат, 1964. – 240 с.
4. Смайт В. Электростатика и электродинамика. – М.: Гостехиздат, 1964. – 566 с.

## ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

І.Г. Мірошніченко  
м. Луцьк, Волинський державний університет  
імені Лесі Українки

Відомо, що комп'ютерна технологія навчання, або комп'ютерне навчання, – це така система навчання, коли одним із ТЗН є комп'ютер. Але сам комп'ютер без відповідних програм не може виконати ніяких завдань. Отже, проблематика програмованого навчання, тобто навчання за спеціально складеною програмою полягає саме в необхідності її розробки.

Безумовно, що складання програм це справа професіоналів-програмістів, але як показує наш планетарний досвід, на другому місці після програмістів знаходяться педагоги, викладачі, вчителі, методисти. Це не дивно, оскільки якість викладання будь-яких дисциплін залежить від доречності побудови відповідних *алгоритмів*. Саме алгоритмічна спорідненість діяльності педагогів та програмістів є причиною розробки основ *програмованого навчання*, де виділяються слідуючи основні принципи:

- 1) проведення поділу матеріалу на невеликі частини, які тісно пов'язані між собою;
- 2) спрямованість на активізацію діяльності студентів (учнів), що вивчають програмований текст;
- 3) об'єктивна та миттєва оцінка кожної відповіді студента (учня);
- 4) індивідуалізація темпу та змісту навчання.

Програмоване навчання, в свою чергу, створює умови для формування *комп'ютерної грамотності*, яка визначається системою сукупністю знань, вмінь, навичок, що необхідні для життя, праці та відпочинку у комп'ютеризованому суспільстві де комп'ютер використовується у якості знаряддя інтелектуальної праці. Зрозуміло, що комп'ютерна грамотність базується на загальноосвітній та професійній грамотності, засвоєнні математики, фізики, елементів електроніки, програмування електронно-обчислювальної техніки і обов'язково має у своєму складі понят-



тя про:

- 1) алгоритм, його властивості, при засоби і методи опису;
- 2) програму як форму представлення алгоритму;
- 3) основи програмування із знанням алгоритмічних мов програмування.

Крім того, вирішальну роль мають тут практичні навички спілкування з ПЕОМ, розуміння та і знання загальних принципів побудови та функціонування комп'ютера, принципів дії та побудови основних елементів та вузлів, значення та ролі використання обчислювальної техніки на виробництві, у побуті, в інших сферах діяльності людини. Все це складає основу елементарної комп'ютерної грамотності. До більш високих її ступенів відносяться *функціональна* та *системна* комп'ютерна грамотність. Саме системна грамотність переходить у комп'ютерну, а потім у *інформаційну культуру*, коли комп'ютер та програмовані засоби стають знаряддям інтелектуальної праці людини.

Наш невеликий внесок для розв'язку проблему побудови інформаційної культури пов'язаний з розробкою алгоритмів та програм для вивчення навчальної радіоелектронної апаратури (РЕА) та самої комп'ютерної техніки. При цьому ми намагались досягнути результату при мінімальних енергетичних і матеріальних витратах із врахуванням дидактичних принципів навчання та психологічних вимог.

Намагання зробити програмний продукт якісним і дешевим привело нас до використання програми Microsoft Internet Explorer, яка є в сучасній програмній оболонці Windows 95 (98, 2000), тобто використати файли у форматі HTML. Такий підхід значно спрощує розв'язок будь-якої задачі, оскільки відпадає необхідність користуватися конкретними програмними середовищами, такими як Basic, Pascal, Delphi, C++ тощо.

Програмний інтерфейс першої програми подано на рис. 1.

Як видно з ілюстрації, у програмі виділено чотири групи радіоелектронних приладів. Якщо студент (учень) вибирає одну із визначених груп, то при натисканні лівою кнопкою миші на заголовок будь-якої групи з'являється панель з докладною текстовою інформацією про кожну групу приладів зокрема. Якщо ж студент (учень) хоче отримати інформацію про кожний прилад зокрема, йому слід звернутися до другої програми – програми



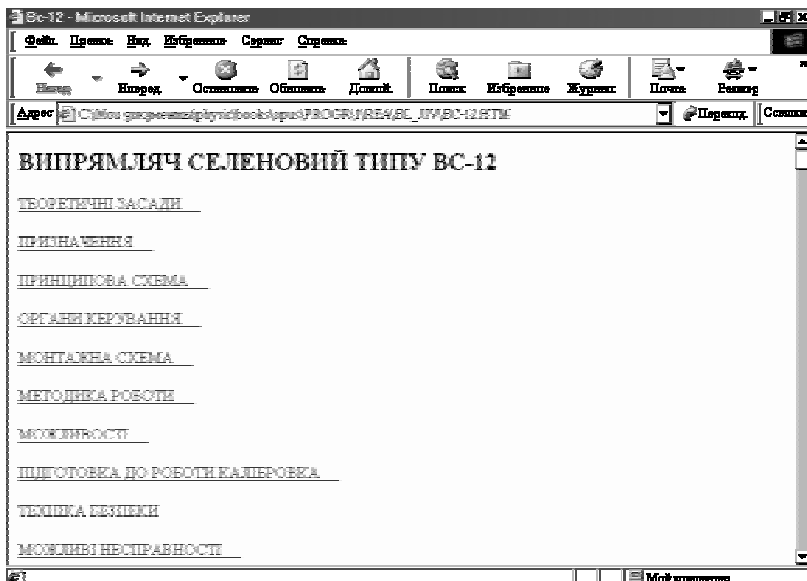


Рис. 3. Програма ознайомлення із приладом ВС-12

Якщо ж студент, який ознайомлюється з приладом ВС-12, натискає, наприклад, заголовок “ПРИНЦИПОВА СХЕМА”, то на екрані дисплею з’являється панель з інформацією про принцип дії приладу з аналізом роботи його принципової схеми (рис. 4).

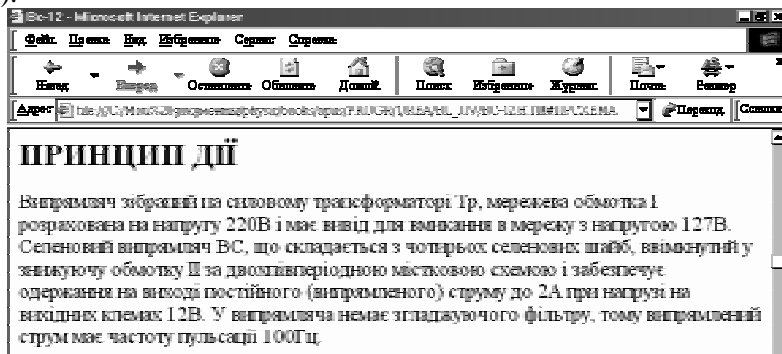


Рис.4. Фрагмент програми вивчення приладу ВС-12

На головній панелі знаходиться десять заголовків, що відповідають основним критеріям ознайомлення студента (учня)

з радіоелектронним приладом (теоретичні засади, призначення, принципова схема, органи керування, монтажна схема, методика роботи, можливості, підготовка до роботи, калібровка, техніка безпеки, можливі несправності). При виборі кожного підрозділу студент отримує відповідну докладну інформацію.

За браком місця текст програм не додається, але може бути отриманий бажаними безкоштовно. Пропоновані програми чисто інформаційні, дуже прості і можуть бути при необхідності швидко відтворені в умовах вузу чи загальноосвітньої школи.

У процесі розробки нами були написані у якості прикладів програми для:

- 1) джерел живлення (ВК-1, ВУП, ВС-12, ВС-24м, ИЭПП-1);
- 2) підсилювачів (підсилювач напруги на панелі демонстраційний, ПЗЧ-5);
- 3) генераторів («Спектр», ПЕВ-1, ПСР-014, «Розряд-1», ГЗЧ-63, УД-1);
- 4) пристроїв індикації (комутатор для осцилографа, лічильник-секундомір, ОЕШ-1, ОМШ-2-76, СШ-1).

Зрозуміло, що в такий спосіб зручно вивчати і елементи автоматизації, комп'ютерної техніки (контролерів, генеральних плат, периферійної комп'ютерної апаратури тощо). Причому сам програмний алгоритм залишається незмінним, а тільки формуються відповідні інформаційні блоки.

Використання розроблених програм бажано проводити на заняттях практикуму з методики та техніки фізичного експерименту, що дозволить отримати значно кращі результати при отриманні знань та формуванні умінь і навичок роботи з навчальною РЕА. Разом з тим, комп'ютерні програми дозволять значно ефективніше вивчати електронну та навіть побутову техніку на факультативних заняттях та заняттях шкільного радіогуртка.

Сам принцип побудови таких програм може бути використаний і для розв'язку зовсім інших навчальних завдань, які спираються на обраний подібний алгоритм ознайомлення.

## ДО ПИТАННЯ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ НА ТРАДИЦІЯХ ВІТЧИЗНЯНОЇ НАУКОВОЇ ШКОЛИ

Ю.М. Нікіфоров, А.В. Пундик

м. Тернопіль, Тернопільський державний технічний університет  
ім. Івана Пулюя

Перехід вищих навчальних закладів на 30-годинний графік аудиторних занять в тиждень вимагає удосконалення методичних принципів організації всіх видів занять, в тому числі по розв'язуванню задач. У зв'язку з цим підвищується роль багато-варіантності самостійних завдань, які виконуються студентами під час семестру. Одним із джерел розширення багато-варіантності та підвищення інтересу і зацікавленості студентів до глибокого розуміння фундаментальних явищ і понять є формулювання тем рефератів і розв'язування задач на матеріалі наукових праць українських вчених, з ім'ям яких пов'язані видатні відкриття.

До таких вчених належить О. Смакула, автор відкриття просвітлення оптики, відомий спеціаліст в галузі фізики твердого тіла, технології оптичних та напівпровідникових матеріалів. На основі його робіт пропонуються конкретні задачі, що можна застосувати при вивченні різних розділів та тем фізики – механіки (особливості експериментальної методики визначення густини, точність, залежність від зовнішніх впливів) термодинаміки (число Авогадро, як одна із фундаментальних фізичних констант), інтерференції та її застосування в радіолокації та оптиці. Задачі складені таким чином, що активізують діяльність студентів, розуміння ними зв'язку між окремими розділами фізики та міждисциплінарних зв'язків, пріоритет вітчизняних вчених у відкриттях світового рівня. Рівень викладання матеріалу в роботах О. Смакули дозволяє також використати їх при проведенні семінарських занять з фізики, для написання студентами наукових рефератів по означеній тематиці шляхом самостійного опрацювання.

Загальні методичні засади проведення практичних занять з фізики в ТДТУ ім. І. Пулюя описуються правилом «краще зрозуміти деякі принципи, аніж знати деякі факти».

Досвід проведення занять свідчить про інтерес студентів до такого типу задач, підвищення інтенсивності їх роботи, появу власних пропозицій по технічному практичному застосуванню розглянутих питань.

Нижче наведені приклади завдань.

№ 1. О. Смакула оцінював наявність вакансій (точкових дефектів структури) у вирощених монокристалах шляхом порівняння розрахункової густини ідеального кристалу з помірною густиною. Отримати формулу Брегга, що пов'язує макроскопічну густину кристалу з параметрами його структури. За формулою оцінити середньоквадратичну відносну похибку у визначенні густини таким способом, якщо період ґратки міряється з точністю  $5 \cdot 10^{-6}$ , молярна маса – з точністю  $2 \cdot 10^{-5}$ , число Авогадро – з точністю  $4 \cdot 10^{-5}$ . Чи можна виявити дефекти в кристалах алмазу таким способом, коли розходження між густинами складали  $0,00130 \pm 0,00025$  г/см<sup>3</sup> при  $\rho \approx 3,5$  г/см<sup>3</sup>? Структура алмазу – кубічна гранецентрована. [ $\Delta\rho/\rho = 5 \cdot 10^{-5}$ ; можна]

№ 2. Флотацийний метод вимірювання густини твердих тіл зводиться до встановлення швидкості стаціонарного опускання (підняття) майже сферичного зразка у в'язкій рідині. В своїх працях О. Смакула приводить такі характерні значення параметрів в реальному експерименті: швидкість руху зразка  $v \approx 0,1$  мм/с, радіус зразка  $r \approx 0,1$  см, в'язкість рідини  $\eta \approx 0,01$  Пуаз. З якою абсолютною похибкою можна поміряти густину твердого тіла таким способом? [ $\Delta\rho \approx 5 \cdot 10^{-4}$  г/см<sup>3</sup>]

№ 3. Сталу кристалічної ґратки вирощених зразків О. Смакула визначав методом дифракції Х-променів. Виходячи з умови Вульфа-Брегга для дифракції Х-променів на просторових ґратках, оцінити відносну похибку у вимірюваннях сталої ґратки таким способом, якщо для  $\theta = 60^\circ$  загальна випадкова похибка вимірювання кута дифракції становила  $\Delta\theta = 0,002^\circ$ , а похибка довжини хвилі -  $\Delta\lambda/\lambda = 0,004\%$ . [ $\Delta a/a = 0,005\%$ ]

№ 4. О. Смакула у 1935 році запропонував спосіб “просвітлення” оптичних лінз, що базується на явищі інтерференції. Для цього на поверхню лінзи наносять тонкий шар окремо підібраного покриття з показником заломлення, що має проміжне значення між показником середовища і матеріалу лінзи. Оцінити найменшу товщину плівки флориду магнію MgF

( $n_0=1,39$ ), яку необхідно нанести на поверхню скляної лінзи, для забезпечення мінімуму відбивної здатності лінзи в області найвищої чутливості людського ока ( $\lambda=556$  нм). [ $d_{min}=100$  нм]

№ 5. Аналогічно, в працях О. Смакули використовується інтерференція електромагнітної хвилі, яка генерується передавачем, що знаходиться на літаку, і відбитої від поверхні Землі, прийнятої антеною літака. Розраховується висота  $h$  літака з умови послаблення струму в реєструючому колі, тобто при виконанні умови мінімуму для відбитої хвилі. Висоту  $h$  визначають на основі спостереження мінімумів двох близьких довжин хвиль. Знайти формулу для розрахунку висоти через довжини цих хвиль.

Вказівки до завдань:

№ 1. Формула Брегга –  $\rho = \frac{nM}{N_0 a^3}$ .

№ 2. Робоча формула для визначення абсолютної похибки, що впливає з закону Пуазейля:  $\Delta\rho = \frac{9}{2} \cdot \frac{\eta\vartheta}{gr^2}$ .

№ 3. Формула для оцінки похибки вимірювання, що отримана з умови Вульфа-Брегга:  $\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} - ctg\theta\Delta\theta$ .

№ 4. Формула забезпечення мінімуму відбивної здатності лінзи в області найвищої чутливості людського ока ( $\lambda=556$  нм):

$$n_0 d = N \frac{\lambda}{4}, \quad N=1, 3, 5\dots$$

№ 5. Формула для визначення висоти, отримана із умови мінімуму для двох найближчих послідовних чисел  $N$ :

$$h = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(\lambda_1 - \lambda_2)}.$$

1. Олександр Смакула. Наукові праці. Видання у 3-х томах. Том I. – Тернопіль: Фонд Олександра Смакули, 2000. – 404 с.

## ЭВРИСТИЧЕСКАЯ РОЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ АНАЛОГИЙ И МОДЕЛЕЙ В КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

В.И. Опришко

г. Днепропетровск, Днепропетровский государственный  
технический университет железнодорожного транспорта

Вся история естествознания – убедительный пример того, какую огромную роль играют аналогии и модели для получения нового знания об окружающем нас мире. Вначале аналогии смутны, модели, построенные на их основе, несовершенны. Но это ни в коей мере не умаляет эвристической роли аналогий и моделей в научном познании мира.

Огромную эвристическую ценность аналогии и моделей видели уже представители античной философии (например, Эпикур).

Показательная сила аналогии, и как следствие, ее эвристическая роль значительно возросли с разработкой теории подобия. Зародыш этой теории был уже у И. Ньютона. В середине XIX в. эта теория была разработана Ж. Бертраном. Большой вклад в теорию подобия был внесен М.В. Кирпичевым, М.А. Михеевым, А.А. Гутманом, П.К. Конаковым, Л.И. Седовым и др.

В теории подобия сформулированы условия правомерности умозаключений, позволяющих признаки, обнаруженные у одного объекта, переносить на другой объект, т.е. по сути дела, условия правомерности умозаключений по аналогии [1].

Г. Галилей широко и умело пользовался методом аналогии для построения различных физических моделей. Он выступал против «очевидности» как критерия объективной истины. Прежде, чем строить большую машину, целесообразно было бы выяснить её основные качества до того, как она будет построена. Для этого можно построить такую же машину, но гораздо меньшую по размерам – модель. При этом Галилей ставит вопрос: можно ли переносить выводы, полученные при изучении модели машины на оригинал? И устами Сагрето и Сальвиати в работе «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки» [2].

Сагрето: «Если поэтому большую машину сделать во всех



своих частях пропорционально малой, оказавшейся прочною и пригодною для употребления, то я не вижу, почему мы все же не можем считать себя обеспеченными от какого-либо несчастья или опасности».

Сальвати: «Смею утверждать, что если мы отвлеклись от всякого несовершенства материи и предположить таковую неизменяемой и лишенной всяких случайных недостатков, построим большую машину из того же самого материала и точно сохраним все пропорции меньшей, то, в силу самого свойства материи, мы получим машину, соответствующую меньшей во всех отношениях, кроме прочности и сопротивляемости внешнему воздействию; в этом отношении, чем больше будет она по размерам, тем менее она прочна» [2, с. 497].

Из содержания этого диалога видим, что Галилей рассматривает проблему переноса признаков с одного объекта (модели) на другой (оригинал). Такой перенос признаков – результат умозаключения по аналогии. Галилей скептически относится к такому умозаключению и указывает на возможные ошибки. Но из этого ни в коей мере нельзя делать вывод об отрицательном отношении его к умозаключению по аналогии и моделированию вообще.

Очевидно, Галилей отрицательно относился к смутным, невыясненным аналогиям. Ведь сам он мастерски пользовался аналогиями для построения различных моделей. Примером тому может служить хотя бы аналогия, проведенная им между системой Юпитера и Солнечной, для защиты гелиоцентрической системы Н. Коперника.

Хорошо известна легенда (а может, это так и было) о падении яблока, которое навело Ньютона на мысль о существовании аналогии между причинами, заставляющими яблоко падать на землю, и причинами, обуславливающими движение планеты по законам Кеплера.

Проблемой тяготения Ньютон занимался в «чумные годы» (1665-1666г.г.). Почему яблоко всегда падает отвесно..., почему не в сторону, а всегда к центру земли? «Должна существовать притягательная сила материи, сосредоточенная в центре земли. Если материя так тянет другую материю, то должна существовать пропорциональность её количеству. Поэтому яблоко притя-

гивает землю так же, как земля яблоко. Должна, следовательно, существовать сила, подобная той, которую мы называем тяжестью, простирающаяся по всей вселенной» [3, с. 127–128].

На основании закона всемирного тяготения в XVIII в. был сделан ряд открытий. Астроном Галлей, наблюдавший комету в 1682 году, на основании закона тяготения Ньютона предсказал её появление вновь в 1758 г. Но комета в этом году не появилась. Тогда французский математик Клеро предположил, что Галлей не учёл возмущающего действия на комету планет Юпитера и Сатурна. Внеся соответствующие поправки, Клеро предсказал появление кометы Галлея 4 апреля 1759 г. И, действительно, комета появилась, правда с опозданием на 19 дней.

Аналогичное открытие было сделано в 1781 г. У. Гершель открыл планету Уран. Наблюдая за Ураном, учёные подметили, что он приходит в назначенное вычислениями место то раньше, то позже. В 1840 г. опоздание превысило целую минуту.

Закон всемирного тяготения был поставлен под сомнение. За его реабилитацию взялись Адамс из Кембриджа и Лаврье из Парижа. Лаврье, например, рассуждал так: могут ли отклонения движения Урана быть вызваны планетой, которая движется в плоскости эклиптики на расстоянии от Солнца, превосходя вдвое среднее расстояние Урана, и если могут, то где находится эта планета в настоящее время, какова её масса и элементы орбиты?

Решив эту задачу, Лаврье сообщил результаты в различные обсерватории. 23 сентября 1847 года его письмо было получено в Берлине, и астроном Галлей нашёл новую планету, названную впоследствии Нептуном.

Д.К. Максвелл был большим мастером построения моделей и считал модель важным орудием познания. Метод Максвелла, применяемый им в исследованиях по теории электричества и магнетизма, заключается в поисках механического образа изучаемого явления, т.е. в установлении аналогии между этим явлением и механической моделью.

С прогрессом промышленной техники в Европе механика приобретала всё большее значение в физике. Ко времени начала исследований Максвеллом, она была уже точной математической наукой. Поэтому сведение к механике всех физических проблем стало целью физиков того времени.

Эту тенденцию ясно выразил В. Томсон в словах: «Мне кажется, что подлинный смысл вопроса о том, понимаем ли мы данную физическую проблему, сводится к следующему: сможем ли мы сконструировать соответствующую механическую модель?» [4, с. 34].

Это механическое воззрение на цели физики до некоторой степени разделял Максвелл, но он в своих моделях искал только внешнее сходство, аналогию с изучаемым явлением, а не разгадку его природы. Это отношение к механическим аналогиям и моделям резко отличает теории Максвелла от механических теорий многих физиков того времени.

Максвелла не удовлетворяло чисто математическое исследование, не опирающееся на некоторый образ. Ему было недостаточно математического совпадения вывода с опытом. Он хотел, чтобы каждая величина, входящая в формулу, имела ясное физическое значение, а каждая стадия расчета соответствовала какому-то этапу физического процесса. Он хотел проследить за всем ходом этого процесса, приводящим к возникновению того или иного явления.

Этому стремлению могло удовлетворить моделирование, т.е. рассмотрение изучаемого явления, как процесса, происходящего в какой-то системе тел, – «механизме».

Примером физической аналогии, как её понимал Максвелл, может служить теория оптики. Известно, что, устанавливая аналогию между распространением волн на поверхности воды, французский физик Ж. Френель создал теорию, в которой нашли объяснение интерференция, дифракция, поляризация света и т.д.

По Френелю, свет представляет собой волнообразное распространение поперечных колебаний в эфире, заполняющем мировое пространство и промежутки между частицами вещества. Но поперечные колебания могут возникнуть только в твёрдой, а не в жидкой и газообразной среде. Кроме того, чтобы колебания могли распространяться со скоростью света, эфир, согласно теории упругости, должен обладать твёрдостью, превосходящей твёрдость стали во много раз.

«Твёрдый» эфир, если признать его существование в мировом пространстве, не должен оказывать ни малейшего сопротивления движению планет! А ещё Ньютон возражал против газо-

образного эфира именно потому, что по движению планет не заметно, чтобы мировое пространство было заполнено какой-либо вещественной средой.

Но физики приняли всё-таки теорию волнового движения света, как аналогию между оптическими явлениями и поперечными колебаниями в упругой среде, так как она позволила не только наглядно представить себе интерференцию, дифракцию, поляризацию света и т. д., но и делать согласующиеся с опытом расчёты.

Подобную же теорию хотел создать Максвелл, объяснив в механических образах электрические и магнитные явления.

До Максвелла и одновременно с ним объяснить электрические и магнитные явления стремились многие учёные. Но они, за исключением Фарадея, исходили из ньютоновской теории дальнего действия. Для объяснения электрических и магнитных явлений ими был широко использован метод аналогий и моделирования. Хотя с помощью своих механических моделей они не вскрыли природу электричества и магнетизма, тем не менее, они объяснили все известные из опыта электрические и магнитные явления. Это хорошая иллюстрация того, что смутная, невыясненная аналогия имеет также эвристическое значение.

В начале работ Максвелла все электрические и магнитные явления, установленные опытом, были объяснены с позиции ньютоновской теории дальнего действия. При этом предшественники Максвелла исходили из аналогии между притяжением разноименных электрических зарядов или магнитных полюсов и всемирным тяготением. Но дело в том, что природа тяготения в то время абсолютно была не выяснена, поэтому такая аналогия не могла разъяснить взаимодействие между зарядами и магнитами.

Кроме того, закон всемирного тяготения предполагает только притяжение, в электричестве же и магнетизме наблюдают также отталкивание одноимённых зарядов и полюсов. Не помогла понять эти явления и гидродинамическая модель, в которой рассматривались электрические и магнитные жидкости. Согласно этой гипотезе электрические заряды – это скопление определённого количества положительной или отрицательной электрической жидкости.

Аналогично объяснялось действие магнитных полюсов. Названные жидкости были наделены свойством взаимного притяжения и отталкивания, действующими аналогично всемирному тяготению на расстоянии без посредства материальной среды. Правда, наличие перечисленных свойств у обозначенных жидкостей было непонятным, но, тем не менее, представление о невесомых жидкостях, позволило установить такие понятия, как количество электричества, плотность заряда и др., оставшиеся в физической терминологии до наших дней.

На основании этих представлений об электричестве и магнетизме Ш. Кулон установил законы взаимодействия электрических зарядов и магнитных полюсов ( $F=q_1q_2 / \epsilon r^2$ ;  $F=m_1m_2/\mu r^2$ ). Оба закона, как видно, описываются математически аналогично закону всемирного тяготения (сравни  $F=GmM/r^2$ ). Эта аналогичность ещё больше укрепила представление о механическом характере взаимодействия электрических и магнитных зарядов.

Аналогичный пример из области изучения законов электрического тока. Была создана его гидродинамическая модель. Ток рассматривался как течение электрической жидкости по проводнику аналогично течению жидкости в трубе. Но чтобы жидкость (вода, например) двигалась внутри трубы, необходима сила. В природе на земной поверхности это сила тяжести. Чем больше разница между уровнем истока и местом, куда жидкость втекает, тем больше скорость течения. Далее, чем большее сопротивление труба оказывает жидкости, тем меньше скорость её течения и наоборот.

Г.С. Ом использовал эту аналогию и, перенеся законы гидродинамики на электричество, объяснил законы электрического тока. Аналогично разности уровней воды, в цепи существует напряжение (разность потенциалов) на концах проводника; существует сопротивление движению электрического тока со стороны проводника. Это позволило ученому сформулировать; теперь хорошо известный закон Ома.

Рассмотренные выше примеры показывают, что модели электричества и магнетизма строились на чисто внешней аналогии с гидродинамическими явлениями. Физики XVIII в. стремились втиснуть электричество и магнетизм в рамки ньютоновской механики и, надо признаться, в некоторой степени, преуспели в

этом.

Но такое положение не удовлетворяло Максвелла. Основой его изысканий были опыты М. Фарадея и особенно открытое последним явление электромагнитной индукции. Для создания своей теории, впоследствии названной электромагнитной, Максвелл пользовался созданной им механической моделью силовых линий, вихревой моделью магнитного поля[5, с. 11-21, 44, 58-61, 109, 142-145].

Максвелл обобщил ранее экспериментально открытые законы Кулона, Био-Савара-Лапласа, Ампера, явление электромагнитной индукции М. Фарадея и вывел знаменитые уравнения, носящие теперь его имя. Система уравнений Максвелла полностью описывает электромагнитные явления, представляет собой логически стройную и совершенную теорию, подобную ньютоновской механике. Из уравнений Максвелла следовали очень важные предсказания о самостоятельном существовании электромагнитного поля, не «привязанного» к зарядам, т.е. о том, что может самостоятельно существовать и распространяться в пространстве; свет представляет собой электромагнитные колебания определённой частоты; свет оказывает давление на предметы.

Все эти предвидения были в дальнейшем блестяще подтверждены экспериментально: сначала Г. Герц обнаружил электромагнитные волны, затем П.Н. Лебедев на тонком опыте доказал реальность существования давления света. Также было установлено, что причиной отклонения кометных хвостов в сторону, противоположную солнцу, является световое давление.

Электромагнитная теория Максвелла ввела в обиход физики понятие поля не как вспомогательную математическую конструкцию, но как объективно существующую сущность. Правда, сам Максвелл не до конца осознал сущность совершённого им переворота в физике – он стремился вывести свои уравнения из механических свойств гипотетического эфира. Однако усилия, направленные на механическое истолкование электромагнитного поля, ни к чему не привели.

Специальная теория относительности ниспровергла эфир и ещё больше утвердила понятие поля. «Было создано новое понятие, для которого не было места в механическом описании. Постепенно понятие поля утвердило за собой руководящее место в

физике и сохранилось в качестве одного из основных физических понятий» [6, с. 124].

Электромагнитная теория не сразу была признана. Основной трудностью её понимания в те дни было восприятие электромагнитного поля не иначе, как в терминах какой-нибудь механической модели. Физики тех дней были вынуждены начинать с некой сложной картины движения механических объектов, и с этой точки зрения уравнения Максвелла представлялись им неестественными и сложными. Но дело заключается в том, что теорию Максвелла невозможно описать с помощью механической модели, так как она существует по собственному праву и не нуждается в объяснении с помощью чего-то ещё. Афоризм Г. Герца «Теория Максвелла-это уравнения Максвелла», сказан, очевидно, в этом смысле.

Физикам потребовалось время для изменения механического образа мышления, и тогда обнаружилась простота и красота уравнений электромагнитной теории. Явления, изучаемые этой теорией, настолько качественно своеобразны, что их основные свойства не одинаковы со свойствами объектов, непосредственно нами воспринимаемых, и поэтому могут быть описаны лишь на абстрактном языке математики. Основные понятия электромагнитной теории связаны с объективной реальностью через большое число опосредованностей, но существование объективных закономерностей, описываемых электромагнитной теорией, так же бесспорно, как и в классической механике.

В рассматриваемом смысле понятия теории относительности и квантовой механики ещё более абстрактны, «математизированы», не наглядны, но это не отделяет их от объективной реальности, а даёт ещё большую возможность с помощью названных теорий отобразить необычность, своеобразность «странного мира», с которым имеет дело современная физика. Пользуясь терминологией Н. Бора, электромагнитную теорию можно назвать первой в числе «безумных» теорий.

Итак, уже электромагнитная теория указала на эвристическую ограниченность механических аналогий и моделей. Теория относительности, квантовая механика ещё больше ограничили эвристическую роль механических аналогий и моделей.

Главенствующая роль в предсказании новых явления в со-

временной физике принадлежит математическим моделям и особенно такой разновидности их как метод математической гипотезы. Этот тезис является предметом исследования.

#### Литература:

1. Уемов А.И. О достоверности выводов по аналогии. Философские вопросы современной формальной логики. АН СССР. – М.: – 1962
2. Галилей. Соч., Т. 1. М. – А, 1934. С. 497.
3. Кудрявцев П.С. Исаак Ньютон. 1963, стр. 127-128.
4. Гарич Г Джеймс Клерк Максвелл. Архив истории науки и техники. АН СССР, вып. VI, 1935.
5. Максвелл Д.К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: Гостехтеоретиздат, 1952.
6. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. – М.: Эврика, 1965.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

О.Ю. Орлянский, С.А. Уланов  
г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный  
университет

Традиционно областной этап Всеукраинских олимпиад по физике в Днепропетровской области состоит из двух туров: теоретического и экспериментального. Задачи для экспериментального тура готовят сотрудники физического факультета Днепропетровского национального университета. В 2001 году одиннадцатиклассникам была предложена следующая задача:

*Оценить отношение удельного сопротивления белого металла к удельному сопротивлению желтого металла. Проанализировать полученный результат и причины, которые могли повлиять на его точность.*

*Оборудование: пластинка из белого металла (толщина 2 мм), пластинка из желтого металла (толщина 1,5 мм), пластинка из пластика (толщина 1,5 мм), магнит, нитка, кнопка для крепления нити, метроном или часы.*

В связи с тем, что на экспериментальный тур отводится 1,5 часа (теоретический и экспериментальный туры проводятся в один день), оборудование было подготовлено таким образом, чтобы подсказать участникам идею эксперимента. Нитка была прикреплена к магниту, в спинку каждой парты была воткнута кнопка для крепления нитки, а сами парты немного раздвинуты. Несложно было догадаться использовать магнит на нитке в качестве математического маятника, а пластинки поочередно подкладывать под него. Предлагаемые пластинки были изготовлены из дюралюминия, меди и пластика, имели прямоугольную форму и размеры 3×5 см. Конечно, участники олимпиады не знали, из чего сделаны пластинки, однако могли легко убедиться, что данные материалы к магниту не притягиваются.

Однако, как это иногда бывает, чтобы увидеть идею решения задачи, нужно немного поэкспериментировать. Что происходит, когда магнит совершает колебания над разными пластинками? Большинство участников сочли, что в металлических пластинках

возбуждаются токи, которые, взаимодействуя с магнитом, изменяют период его колебаний. Для проверки гипотезы нужно провести измерения периода колебаний над разными пластинками при помощи метронома или часов, которые были установлены в каждом классе. Оказывается, период колебаний маятника от материала пластинки практически не зависит. Зато хорошо заметно быстрое затухание колебаний над металлической пластинкой и слабое затухание над неметаллической, если расстояние между магнитом и пластинкой невелико (не более нескольких мм). Причина эффекта – в потерях кинетической энергии магнита. Переменное магнитное поле возбуждает в металле пластинки индукционные токи, которые, с одной стороны, препятствуют изменению внешнего магнитного потока, а с другой – нагревают пластинку из-за ее активного сопротивления. Механическая энергия переходит в тепловую.

Как измерить потери энергии? За время одного колебания энергия теряется неравномерно, поэтому удобной характеристикой может служить величина средней мощности потери энергии за период  $T$

$$P = \frac{mg\Delta h}{T},$$

где  $m$  – масса магнита,  $\Delta h$  – разность высот двух последовательных максимальных отклонений маятника в одном из крайних положений. Но  $\Delta h$  мало и неудобно для измерения. Удобнее измерять проекцию крайних положений магнита на горизонтальную плоскость пола. Однако и в этом случае погрешность эксперимента будет все же достаточно высокой. Для повышения точности надо позволить магниту сделать несколько колебаний. Чтобы потери энергии за каждый период при этом были приблизительно равны, необходимо, чтобы за время измерений изменение амплитуды было мало по сравнению с самой амплитудой ( $\Delta A \ll A$ ). При этом возможны два подхода к нахождению  $P$ : измерять изменение амплитуды за фиксированное время и затем пересчитывать изменение высоты или измерять время, за которое амплитуда изменяется на фиксированное значение. Второй подход выглядит предпочтительнее.

Эти рассуждения приводят нас к схеме эксперимента (рис. 1). На линии колебания маятника отмечаем две достаточно близкие точки  $A_1$  и  $A_2$  – начальную и конечную амплитуды колебаний. Затем в одно и то же место под маятником кладем пластинки диэлектрика и металлов и с каждой из них проводим один и тот же эксперимент, измеряя время  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ , соответственно, за которое амплитуда колебаний изменится от  $A_1$  до  $A_2$ . Такая схема эксперимента позволяет учесть сопротивление воздуха. Колебания маятника над металлической и неметаллической пластинками имеют одинаковую аэродинамику, поэтому одинакова и мощность потерь за счет сопротивления воздуха

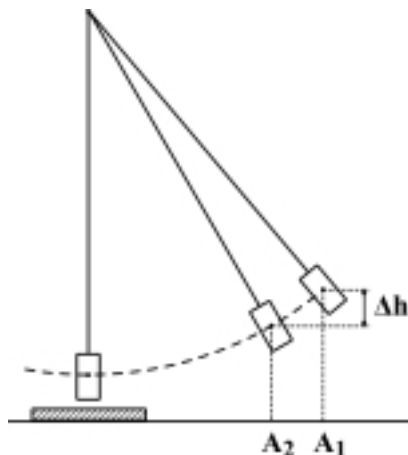


Рис. 1

Колебания маятника над металлической и неметаллической пластинками имеют одинаковую аэродинамику, поэтому одинакова и мощность потерь за счет сопротивления воздуха

$$P_0 = \frac{mg\Delta h}{t_0}. \quad (1)$$

Так как во всех измерениях начальная и конечная амплитуды колебаний одинаковы, изменение механической энергии маятника  $mg\Delta h$  также будет одинаково. Энергия  $mg\Delta h$  идет на работу против сил сопротивления воздуха (мощность  $P_0$ ) и на возбуждение и поддержание индукционных токов в металлах (мощности  $P_1$  и  $P_2$ ). Таким образом

$$P_1 + P_0 = \frac{mg\Delta h}{t_1}, \quad P_2 + P_0 = \frac{mg\Delta h}{t_2}. \quad (2)$$

Подставив в (2) выражение для  $P_0$  из (1), находим, что отношение мощностей индукционных потерь не зависит от  $mg\Delta h$  и выражается только через измеренные интервалы времени:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{(t_0 - t_1)t_2}{(t_0 - t_2)t_1}. \quad (3)$$

Поскольку периоды колебаний во всех случаях были практически одинаковыми, в формуле (3) вместо времени удобно использовать соответствующие количества колебаний

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{(N_0 - N_1)N_2}{(N_0 - N_2)N_1} \quad (4)$$

Если расстояние между магнитом и пластинками 1–2 мм или меньше, затухание в случае металлических пластин происходит очень быстро,  $t_0$ ,  $t_1, t_2$ , сопротивлением воздуха можно пренебречь, и  $P_1/P_2 = t_2/t_1 = N_2/N_1$ . Однако, в этом случае сильно возрастает погрешность измерений. Абсолютная погрешность измерения времени может быть оценена в полпериода колебаний, поскольку фиксация положения магнита проводится в одном из крайних отклонений. Поэтому, если затухание происходит быстро, всего за 2–3 колебания, относительная погрешность одного только измерения времени будет не менее 25% – 17% соответственно. С другой стороны, при небольшом расстоянии между магнитом и металлическими пластинками в большей степени скажется то, что они имеют разную толщину, и, следовательно, по-разному удалены от магнита. Кроме того, токи, индуцируемые в разных частях объема пластинок, будут менее однородными (токи циркулируют во всем объеме, поскольку скин-эффекта при малых частотах не наблюдается). Вывод парадоксален. Для более точного количественного описания эффекта этот эффект следует сделать менее заметным.

Остается установить связь мощности индукционных потерь с удельным сопротивлением металла пластинки. Мощность тепловых потерь тока определяется формулой

$$P = \frac{\varepsilon^2}{R},$$

где  $\varepsilon$  – ЭДС индукции,  $R$  – сопротивление контура с током. Для вихревых токов

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

где  $\Phi$  – магнитный поток через контур. Но проблема в том, что и магнитное поле, и линии вихревых токов изменяются во времени по сложному закону. Если бы все размеры пластинок были одинаковы, магнитное поле независимо от своей ориентации создавало бы в их объеме одинаковые ЭДС индукции. Мощности индукционных потерь отличались бы только за счет различных удельных сопротивлений:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1}.$$

Однако предложенные для эксперимента металлические пластинки имели различную толщину. Учет этого требует более подробного анализа.

ЭДС индукции определяется как магнитным полем, так и геометрией контура с током:

$$\varepsilon = -S \frac{\Delta B_{\perp}}{\Delta t},$$

где  $S$  – площадь контура,  $B_{\perp}$  – составляющая магнитной индукции, перпендикулярная плоскости контура. Чтобы оценить зависимость тепловых потерь от толщины пластинок, нужно знать вид контуров вихревых токов в пластинках. Рассмотрим три различных варианта такого расположения токов. Пусть пластинка имеет размеры  $a \times b \times h$  (рис. 2), причем  $a \sim b$ , а  $h \ll a$ . Сопротивление контура определяется по формуле  $R = \rho l/S'$ , где  $l$  и  $S'$  – эффективные длина и площадь сечения тока.

Тогда для мощности потерь

$$P = \left( \frac{\Delta B_{\perp}}{\Delta t} \right)^2 \frac{S^2}{R} = \left( \frac{\Delta B_{\perp}}{\Delta t} \right)^2 \frac{S^2 S'}{\rho l}$$

в каждом из трех случаев получим оценки

$$P_{ab} \sim \left( \frac{\Delta B_{\perp}}{\Delta t} \right)^2 \frac{a^5 h}{\rho a}, \quad P_{ah} \sim P_{bh} \sim \left( \frac{\Delta B_{\perp}}{\Delta t} \right)^2 \frac{a^5}{\rho} \left( \frac{h}{a} \right)^3.$$

Поскольку  $h/a \approx 1/20$ , то мощность потерь  $P_{ab}$  при циркуляции тока в плоскости  $ab$  по величине на два порядка превосходит мощность потерь в двух других случаях. Конечно, для различных плоскостей могут отличаться неизвестные нам значения  $\Delta B_{\perp}/\Delta t$ , но поскольку поле магнита сильно неоднородно, при его движении над пластинкой будут меняться все компоненты поля, поэтому  $\Delta B_{\perp}/\Delta t$  для различных ориентаций контуров токов не должно сильно отличаться. При желании избежать этой неопределенности можно провести несколько измерений, по-разному закрепляя магнит на нитке. Итак, преобладающий вклад в мощность индукционных потерь дадут токи, циркулирующие в плоскости  $ab$ . Тогда

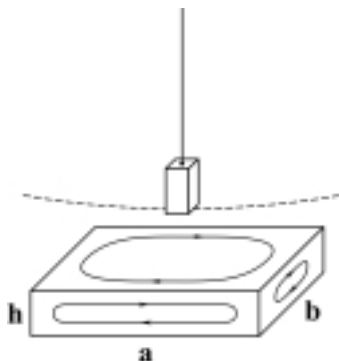


Рис. 2

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\rho_2 h_1}{\rho_1 h_2}.$$

Подставляя найденное выражение для  $P_1/P_2$  в формулу (3), получим отношение удельных сопротивлений через времена затухания

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_1(t_0 - t_2)t_1}{h_2(t_0 - t_1)t_2} \quad (5)$$

или, с учетом (4), через количества колебаний

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_1(N_0 - N_2)N_1}{h_2(N_0 - N_1)N_2}. \quad (6)$$

Если пренебречь сопротивлением воздуха и различием толщины пластинок, можно получить более грубую оценку

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} \approx \frac{t_1}{t_2} \approx \frac{N_1}{N_2}.$$

Конечно, составители задания не рассчитывали на столь подробный анализ, предполагая более упрощенный подход.

Один из участников олимпиады, например, предположил, что токи будут циркулировать в горизонтальной плоскости пластины, а мощность потерь пропорциональна ее толщине (толстую пластинку он рассмотрел как сложенную из нескольких более тонких). Он пренебрег сопротивлением воздуха и получил следующее выражение для отношения удельных сопротивлений

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_1 t_1}{h_2 t_2}.$$

При желании задачу можно усовершенствовать. Например, чтобы учесть связанное с толщиной пластинок различие в расстояниях до магнита, можно проделать опыты со сложенными вместе двумя и более пластинками, располагая их в различных комбинациях.

Благодаря простоте опыта его проведение и обсуждение результатов может быть рекомендовано при изучении темы «Электромагнитная индукция».

## **ВИКОРИСТАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМНОСТІ ЗАВДАНЬ УЧНІВ**

М.В. Остапчук, Ю.М. Галатюк  
м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет

У Проєкті “Національна доктрина розвитку освіти України у ХХІ столітті” визначено стратегію та пріоритетні напрямки і шляхи створення життєздатної системи навчання і виховання, яка б забезпечувала “умови для розвитку і самореалізації кожної особистості як громадянина України”, формувала “покоління здатні навчатися протягом життя”.

Суть навчання не зводиться ні до передачі учням готових знань, ні до самостійного подолання труднощів, ні до власних відкриттів; для сучасної освіти властиве розуміння поєднання педагогічного управління з ініціативою, самостійністю, активністю школярів. Процес навчання розглядається як система.

Системи завдань природничих дисциплін можуть створюватися у великій різноманітності, але в сучасних умовах вони повинні задовольняти положення:

- забезпечити різну глибину розуміння навчального матеріалу, не нижчу від базового рівня;
- забезпечити різний темп руху в засвоєнні знань, умінь і навичок різними за рівнем розумового розвитку на даному етапі навчання учнів;
- давати найбільший педагогічний ефект, тобто в них повинні комплексно реалізуватись дидактичні, виховні, розвиваючі функції і специфічні функції диференціації;
- будуватися з урахуванням педагогічних принципів навчання, зокрема, будуватись від “простого” до “складного”, забезпечуючи при цьому базовий рівень, як основу диференціації навчання;
- будуватися з урахуванням сучасний уявлень про мислення у філософії, психології, фізіології, логіці, інформатиці;
- бути спрямованими не тільки на відпрацювання і засвоєння певних теоретичних знань і способів діяльності, але й засвоєння загальнонаукових умінь і навичок, прийомів розумової діяльності, тобто сприяти розвитку учнів;

- не підмінювати вправи діючих підручників, а будуватись на їх базі із застосуванням додаткових збірників завдань і дидактичних матеріалів;
- містити завдання принаймні трьох рівнів, які відповідали б розробленим у психології і методиці навчання рекомендаціям відповідно до складності, ступеня проблемності, а також відомих у дидактиці рівнів засвоєння знань і способів дії (застосування засвоєних знань і вмій у знайомому випадку, за зразком, у новій ситуації, пошуковій, творчій діяльності).

Використовуючи систему навчальних завдань, учитель повинен чітко уявити, який рівень діяльності можуть визначити ці завдання на даному етапі навчання. Згідно з дидактичними принципами розвиваючого навчання, розробленого Л.В. Занковим, з теорією Л.С. Виготського про “зону ближнього розвитку” не можна обмежуватись вправами репродуктивного характеру навіть для слабких учнів. І для учнів з низьким рівнем розвитку на різних етапах навчання необхідні вправи, які вимагали б від них посиленої трудової діяльності. Необхідна детальна організація змісту навчального матеріалу, підбір відповідних форм, методів і засобів навчання.

Якщо навчальна діяльність виконується шляхом активних розумових зусиль і при цьому досягається відчутне розуміння учнями виучуваного матеріалу чи розв’язання завдань, то така діяльність і для учня стає все більш цікавою і захоплюючою.

Активність учнів на уроках може бути високою в тому разі, коли їхня діяльність не зводиться до самого лише слухання вчителя, простого відтворення вивченого, а включає спостереження над виучуваними фактами, явищами, їх осмислення й зіставлення, застосування знань на практиці; коли учень стає активним учасником пошуку, а не пасивним об’єктом навчання.

Наукова інформація, наукові відкриття є цікавими для більшості учнів, і ознайомлення з деякими науковими методами, накопичення досвіду розв’язування різних видів задач, виконання завдань на збирання, дослідження, аналіз, зіставлення певних фактів, понять, явищ, експериментування формуватимуть наукове мислення учнів.

Необхідно пам’ятати, що й самостійні роботи будуть корис-



ними і результативними тільки тоді, коли вони включаються в навчальний процес систематично і послідовно. Потрібно всі завдання вміло розміщувати в межах кожної теми і розділу, заздалегідь продумуючи план ускладнення самостійних завдань, бо навчання, яке не передбачає труднощів та їх подолання, не може бути ефективним з погляду розвитку пізнавальних здібностей школярів.

Творчість у роботі забезпечується застосуванням проблемного навчання, елементів евристики і дослідництва, які в міру оволодіння методом самостійної роботи мають посилюватись. Відчуття успіху в процесі виконання завдань забезпечується належною підготовкою учнів та індивідуальністю завдань, а також створенням ситуацій успіху в подоланні труднощів.

Зазвичай, виучуваний матеріал та більшість текстів розраховані на просте запам'ятовування і відтворення їх учнями і мають індивідуальний характер викладу: факти передують загальним положенням теорії або супроводжується ілюстраціями для їх підтвердження. Уже в середніх класах широко використовуються дедуктивний та індуктивно-дедуктивний виклади. У старших класах значно зростає роль дедуктивного викладу. Основна суть цих методів полягає в тому, що факти й узагальнення подаються в різній послідовності: від фактів до узагальнень – індуктивний, від загальних положень до фактів – дедуктивний. Таким чином, підручник, наукова книжка, довідкова література, дидактичні матеріали є цінним джерелом набуття нових знань. Але самостійна робота з ними має поєднуватися з пізнавальними завданнями для осмислення зв'язків і відношень між предметами і явищами, які збуджують в учнів зацікавленість і спонукають їх до розв'язання проблеми на основі використання тексту, таблиці, діаграми; виконання проблемних завдань має обговорюватися в класі.

Для розкриття учнями суті виучуваних явищ важливе значення мають спеціальні **пізнавальні завдання**. Вони відрізняються між собою змістом, формою, рівнем пізнавальної самостійності учнів. У процесі розв'язування пізнавальних завдань застосовуються різні дидактичні прийоми, операції, дії. За *характером навчальної діяльності учнів* їх можна поділити, за В.О. Онищуком, на такі групи: 1) **перцептивні**; 2) **мислительні** (аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, індукція тощо); 3)

**теоретичні** (ідеалізація, розкриття об'єктивних зв'язків і відношень між предметами і явищами, визначення суттєвого в об'єктах на основі моделювання та ін.); 4) **операційні** (визначення головної думки в тексті підручника, встановлення опорних пунктів, складання плану, тез, визначення аргументів до кожної тези, розв'язування пізнавальних завдань, креслення схем, графіків, малюнків, планів і т. д.) [5].

*За способом логічних міркувань* пізнавальні завдання можуть бути: **аналітичні, синтетичні, порівняльно-узагальнюючі, конкретизуючі** тощо.

*За рівнем пізнавальної самостійності* учнів розрізняють **завдання-орієнтири, завдання-вказівки, евристичні запитання**, які найширше застосовуються у процесі вивчення нового матеріалу, а також **пізнавальні задачі, проблемні запитання і завдання**, що мають особисте значення у формуванні глибоких, осмислених і системних знань.

Місце пізнавальних завдань у процесі навчання залежить від змісту навчального матеріалу і дидактичної мети уроку. Вони можуть пропонуватися після первинного ознайомлення з окремими частинами навчального матеріалу або опрацювання тексту, після сприймання учнями усного викладу, перегляду кіно- чи діафільму, спостереження за певним явищем тощо.

Активна розумова діяльність повинна виникати там, де учень легко стає пасивним, наприклад, коли він слухає повідомлення вчителя чи відповідь однокласника. Активізація розумової діяльності означає не просто зовнішню зайнятість школяра, її можна досягнути, примусивши учнів списувати розв'язки завдань з дошки чи перемальовувати таблиці і рисунки, а таку організацію засвоєння навчального матеріалу, при якій усвідомлення знань відбувається шляхом розкриття взаємозв'язків, що властиві явищам, учням ставляться завдання порівняти даний матеріал з матеріалом, який вивчався раніше, конкретизувати і узагальнити його.

У психології розрізняють довільне і мимовільне запам'ятовування. Довільним є запам'ятовування, при якому наші зусилля спрямовуються спеціально поставленою задачею запам'ятати даний матеріал. Коли ж таке завдання не ставиться, а матеріал залишається в пам'яті в результаті іншої діяльності, то

говорять про мимовільне запам'ятовування.

А.А. Смирнов та Г.І. Зінченко встановили, що важливе значення в навчальному процесі має мимовільне запам'ятовування; учень може запам'ятати матеріал мимовільно, якщо виконує над ним активну розумову діяльність, що спрямована на розуміння цього матеріалу.

Наприклад, замість завдання вивчити матеріал теми з фізики “Плоске дзеркало. Дзеркальне і розсіяне відбивання” (8 кл.) вчитель пропонує учням дати відповіді на поставлені запитання, користуючись матеріалом підручника. Завдання можуть бути такими: 1. Чим відрізняється тінь від непрозорого предмета на Землі і на Місяці? 2. Деякі митці малювали автопортрети, дивлячись у дзеркало. Чи відповідає такий предмет натурі? 3. Замість екрану в кінотеатрі помістили плоске дзеркало. Чи можливий перегляд кінокартини глядачами за цих умов?

Подібні завдання учні можуть виконати тільки шляхом активної розумової діяльності, спрямованої на розуміння матеріалу. Відповідно виконуються дві вимоги аналізованої закономірності і матеріал запам'ятовується мимовільно.

У педагогічному процесі потрібно враховувати й індивідуальні особливості запам'ятовування. Одним учням характерна наочно-образна пам'ять, іншим – абстрактно-логічна. Потрібно також розрізняти візуальний, акустичний і моторний тип пам'яті, а значить і відповідні завдання для запам'ятовування. Враховуючи закономірність Еббінгауса (забування більш інтенсивно відбувається відразу після вивчення матеріалу: в перші години, хвилини і навіть секунди, а потім сповільнюється), завдання для закріплення виучуваного матеріалу ефективніше використовувати в процесі пояснення. Розв'язання таких завдань сприяє створенню проблемних ситуацій і досягненню зворотного зв'язку з класом. Очевидно, що кількість таких завдань повинна бути незначною, щоб не порушувати цілісність пояснення.

Такий вид діяльності проте не виключає закріплення матеріалу, яке відбувається відразу після пояснення шляхом розв'язування різносторонніх завдань, еквівалентних виучуваному матеріалу.

**Пізнавальні задачі**, наприклад, охоплюють аналіз зв'язків і

взаємозалежностей між компонентами заданих ситуацій з використанням (перенесенням у нові ситуації) засвоєних знань або тільки-но сприйнятого учнями навчального матеріалу. Таким чином, систематизуються вже наявні, раніше засвоєні знання і з'являються нові, які “освіжають”, активізують сприймання матеріалу.

Відповідаючи на **проблемні запитання**, школярі спираються на готові факти і на основі їх аналізу розв'язують те чи інше завдання. Проблемні питання застосовуються як під час первинного ознайомлення учнів з новим матеріалом, так і після його сприймання для глибокого аналізу різних зв'язків і взаємозалежностей та з'ясування суті явища чи процесу. Вони можуть ставитися у процесі розповіді, пояснення чи самостійної роботи з певним текстом, перед демонструванням наочних об'єктів, моделей, ілюстрацій, таблиць, діаграм, графіків, схем.

Близько до проблемних питань стоять **проблемні завдання**, спрямовані на самостійне розв'язання учнями, розкриття внутрішньої суті виучуваних предметів, процесів та явищ. Їх мета – сприяти глибокому засвоєнню учнями важливих понять і насамперед – світоглядного характеру, осмисленню основних закономірностей розвитку природи і суспільства, провідних теорій як систем понять і головних ідей як синтезу знань.

Подібні завдання потребують від учнів значних розумових зусиль, мобілізації знань як з виучуваної теми, так і засвоєних раніше, застосування навичок і вмінь аналізувати текст, зіставляти, виділяти головне, робити узагальнення.

Г.Ю. Пішпек, розглядаючи методику системного підходу на уроках, визначає два способи його реалізації, а саме: **моделювання і матрицювання знань** [6]. Прийом матрицювання знань передбачає насамперед роботу з підручником, посібником, довідковою літературою, зведенням навчальної інформації в системні блоки, що перебувають між собою в логічному зв'язку. “Матрицю” можна подати у вигляді 3-ох взаємозалежних рядів:

**Ряд І. Основні поняття.**



**Ряд ІІ. Основні положення.**



**Ряд ІІІ. Висновки.**

Для заповнення цих рядів пропонується завдання, зміст який полягає в тому, що вони утворюють систему орієнтирів. Система завдань спрямована на переробку учнями навчальної інформації, одержаної від вчителя з текстів наукової літератури і самостійного їх дослідження, на впорядковану систему знань.

Схематично (елементарно) ці завдання можна сформулювати так: 1. Виділіть у тексті основні поняття, запишіть їх у **ряд I**. 2. Користуючись текстом, дайте відповіді на поставлені запитання (**ряд II**). 3. Зробіть висновки (**ряд III**).

Звичайно матрицюванням не можна скористатися на кожному уроці (особливо з гуманітарних предметів), але під час узагальнення, систематизації знань воно виявляється дуже корисним і продуктивним: знання учнів ніби “нанизуються”, “зшиваються” в логічні ланцюжки.

**Навчальне моделювання** практикується у старших класах. Системні моделі як джерела нових знань – один з методичних прийомів, що дозволяє порівняно складний матеріал зробити більш цікавим і доступним для розуміння і засвоєння. Цей прийом можна розглядати як похідний від алгоритмізації. Прикладом може бути вивчення клітинного поділу, росту рослини з біології:

**Поживні речовини** → 

<b>рослина</b>
<b>клітина</b>

 → **нові клітини**  
**Сонячна енергія** →

Дидактична цінність вироблення в учнів умінь користуватися прийомом моделювання полягає в тому, що це передбачає пошукову, дослідницьку діяльність, пов’язану з інтегруванням знань. Системний підхід орієнтує їх на глибоке осмислення навчального матеріалу, що сприяє всебічному розвитку особистості. Матрицювання і моделювання знань як специфічні форми системного підходу позитивно впливають на формування культури розумового мислення школярів, оздоблюють їх навичками самостійної роботи.

Добрі наслідки мають системи вправ на опрацювання вивченого матеріалу та застосування правил на практиці. Так наприклад, учні за завданням учителя самостійно складають таблиці або добирають приклади для карток, щоб охопити всі правила певної теми, тим самим узагальнюючи і систематизуючи знання.

Глибшому засвоєнню знань сприяють і узагальнюючі схеми, перевагами яких є динамічність, стислість, можливість зручного

повторення за їх допомогою вивченого матеріалу. Складання структурних схем – прийом давно відомий, ним широко користуються вчителі, їх чимало наводиться в підручниках. Під час використання схем увага учнів зосереджується на класифікації, ієрархії понять, явищ, процесів. Це досить важливо, оскільки на основі аналізу внутрішніх зв'язків між виучуваними предметами і явищами знання засвоюються системно.

Отже, активізація розумової діяльності учнів, використання різноманітних завдань та їх систем, що залучають учнів до пізнавальної, дослідницької діяльності допомагають краще організувати навчальний процес та значно підвищити його ефективність.

### **Список використаної літератури**

1. Алексюк А.М., Кашин С.О. Удосконалення навчального процесу в середній школі. – К.: Вища школа, 1986.
2. Бугайов О.І. Підвищення ефективності уроків фізики. Зб. статей. – К.: Радянська школа, 1986.
3. Зорина Л.Я. Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников. – М.: Знание, 1978.
4. Новак О.Ф., Остапчук М.В. Дидактичні матеріали до розділу “Світові явища” (8 кл.) // Радянська школа. – 1990. – №2. – С. 59.
5. Онищук В.О. Активізація навчання старшокласників. – К.: радянська школа, 1978.
6. Пішпек Г.Ю. Системний підхід у навчальній діяльності // Радянська школа. – 1987. – №4. – С. 41-44.

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИКЛАДАННІ ФІЗИКИ

Ю.А. Пасічник

м. Київ, Національний педагогічний університет  
ім. М.П. Драгоманова

У сучасній філософії освіти багатьох країн світу сформульована стратегічна проблема для системи освіти – створення єдиного освітнього й інформаційного простору. Таким чином, слід керуватися перспективою використання Інтернет, у тому числі X-Інтернет, а також тенденціями використання не просто комп'ютерів у навчанні, а апаратним забезпеченням, при цьому необхідне професійне програмне забезпечення і обов'язкова методична підтримка. Для кожного рівня освіти необхідно розробляти свої розв'язки при використанні телекомунікаційних технологій і Інтернет при викладанні фізики. Інформатизація освіти дозволить змінити зміст навчання, напруженого на одержання фундаментальних знань з основних предметів. Практична більшість провідних університетів світу пропонує курси навіть для очних студентів за дистанційним методом викладання. У багатьох вузах Росії створені центри дистанційного навчання, в Україні такі центри тільки створюються, відчиняються тестуючі WWW-сайти для абітурієнтів і т.д. Дистанційне навчання – один із механізмів реалізації прав людини на освіту, а в деяких випадках – чи ледве не єдина можливість одержати освіту або перепідготовку. Інтернет надає гарні можливості підвищити якість навчання з фізики.

За останні роки створено значне число цікавих методичних розробок по використанню комп'ютерів і Інтернет-ресурсів на уроках фізики. Наше завдання – правильно розпорядитися цим багатством, враховуючи недостатню підготовку більшої частини викладачів до використання на уроках фізики ресурсів Мережі і комп'ютерів, так і недостатню інформованість вчителів про рисні освітні ресурси мережі і недолік якісних методичних розробок по використанню комп'ютерів і мережних ресурсів на уроках фізики. Поки-що навіть у деяких досвідчених викладачів-методистів використання можливостей Інтернет викликає

сумнів, оскільки самі не відчули переваги Мережі. Не може вчитель-предметник вчити дітей тому, чого не вміє сам, тому особливу увагу треба звернути на перепідготовку вчителів фізики. При цьому необхідно так вести заняття з студентами і вчителями, щоб вони відчули, що використання комп'ютерів, мережних і програмних ресурсів на уроках фізики корисно, цікаво і не так складно. Тільки тоді, коли вчитель це побачить, він спробує цим скористатися.

Особливу увагу треба звернути на роботу з адміністрацією інститутів і шкіл, треба їх переконувати розвивати інформаційні технології і вирішувати основні сьогоденні проблеми вчителів фізики: відсутність комп'ютерів на кафедрах і у кабінетах фізики; неухильна тенденція до скорочення числа годин, що відводяться на вивчення фізики; проблеми з лабораторним і демонстраційним устаткуванням; проблеми ремонту устаткування і т.д. Поки-що поява в інститутах і школі “реальної” Інтернет з її практично невичерпними інформаційними ресурсами показала, що йде постійне розширення бази інформаційних ресурсів, на жаль, не завжди якісних, тому необхідно взаємне рецензування створених освітніх ресурсів.

Мережне методичне об'єднання зацікавлених вчителів України і інших країн (Росії, наприклад) дозволить вести особисте листування за допомогою електронної пошти; проводити телеконференції з різних тем; розсилати добірки “гарячих” новин і управлінських і регламентуючих документів; створити онлайнову електронну енциклопедію, що включає в себе навчальні, методичні (наприклад – опис дослідів, плани занять і т.д.), довідкові матеріали, добірку педагогічних програмних засобів і ін. У такий спосіб будуть реалізовуватися можливості застосування телекомунікацій безпосередньо в навчальній роботі, а також у системі перепідготовки і підвищення кваліфікації педагогічних кадрів. Обмін методичними матеріалами і доробками, дискусії, семінари, особисте і професійне спілкування з колегами – адже саме спілкування є призначенням глобальних комп'ютерних мереж – це, імовірно, головне, що може дати мережне методичне об'єднання вчителів. Глобальні мережі не знають кордонів, і в роботі можуть без особливих проблем взяти участь колеги з будь-яких міст і навіть країн.



Весь наявний досвід застосування глобальних комп'ютерних телекомунікацій у навчальному процесі показує, що навчальна робота з використанням мережних засобів і можливостей вимагає організації і регулярної методичної підтримки. Тому очевидно, що лише з появою мережних методичних об'єднань можна буде говорити про перспективу широкого використання телекомунікацій в навчальному процесі при викладанні фізики.

1. У Мережі можна знайти багато дидактичних матеріалів з фізики для школи і Вузу і зв'язатися з їхніми розроблювачами. Інтернет-магазини пропонують навчальне програмне забезпечення з фізики, математики й інших дисциплін.

2. У Мережі пропонується безкоштовне, демонстраційне або платне програмне забезпечення для створення курсів дистанційного навчання, комп'ютерних дидактичних матеріалів і електронних підручників а також педагогічно-методичні поради.

3. Новини науки і техніки в галузі фізики з Інтернет самі свіжі і різнобічні.

4. Є дистанційні навчальні сайти з фізики й інформатики. Інтернет – засіб зв'язку студента і викладача, школяра і вчителя.

5. Інтернет – чудовий засіб одержання інформації для школярів і студентів (для рефератів, курсових робіт і кваліфікаційних робіт). Сьогодні користувачам Інтернет доступні багато газет, часописи з фізики, «Велика енциклопедія Кирила і Мефодія», енциклопедія “Британіка” і ін.

На наш погляд на даному етапі використання можливостей Інтернет-технологій у викладанні фізики можливе і, більше того, необхідне, але не як основний засіб, а лише у вигляді доповнення до традиційних методів навчання, яке використовується тільки в тих випадках, коли воно дійсно дає реальні переваги.

#### Література

1. Пасічник Ю.А., Дмитренко П.В. Дистанційне навчання в Україні. // Освіта України. – 1999. – №8. – С. 15.

2. Пасічник Ю.А., Шпортько К. Дистанційна освіта. Педагогічні кадри. – 1999. – №1 (1482). – С. 6-7.

3. Дмитренко П.В., Пасічник Ю.А. Дистанційна освіта. Методичний посібник. – К.: НПУ, 1999. – 24 с.

## З ДОСВІДУ ІНТЕГРАЦІЇ ЗНАТЬ З ФІЗИКИ І МАТЕМАТИКИ У ПОЗАУРОЧНІЙ РОБОТІ

С.В. Повар

с. Вищетарасівка, Вищетарасівська середня школа

В умовах інтелектуалізації нашого суспільства виникає нагальна потреба формування творчої особистості. Розвиток творчого потенціалу людини потребує раннього розумового тренування і базується на інтеграції знань із різних предметів. Міцні знання здобуваються в процесі активної цілеспрямованої пізнавальної діяльності.

Кожен учень повинен осмислювати себе суб'єктом пошуково-пізнавальної діяльності і керувати нею (а не бути тільки виконавцем указівок учителя). Тому треба повсякчас відшукувати такі чинники, які активізують навчально-пізнавальну, продуктивну діяльність учня, підтримують його природну потребу пізнавати світ.

Одним із важелів залучення учнів до активної самостійної пізнавальної і творчої діяльності є гурткова робота у школі. Тут учнів треба зацікавити самостійно відшукувати невідомі їм закономірності та створювати нові конструкції, ставити нові проблеми та висувати гіпотези тощо.

У практиці роботи гуртка юних фізиків нашої школи був випадок, коли ми планували як завжди, а виявилось якнайкраще. Колегіально плануючи гурткову роботу три роки тому, ми вирішили, що не можна залишити поза увагою таке рідкісне та знаменне явище природи, як затемнення Сонця 11 серпня 1999 року. До плану роботи гуртка включили такі питання:

1. Спостереження затемнення Сонця через світлофільтри (з додержанням правил безпеки).

2. Фотографування та замальовки фаз затемненого Сонця (через певні проміжки часу), світлових плям під кроною дерева, тіней.

3. Вивчення літератури з питань про затемнення Сонця.

4. Конкурс цікавих питань з теми «Затемнення Сонця» та відповідей на них.

5. Оформлення рефератів, звітів, статей до шкільної преси.

Слід відмітити, що ця подія надовго захопила увагу школярів, викликаючи бажання якомога глибше її пізнати. Гуртківці чимало попрацювали в бібліотеках, склали узагальнюючі таблиці з питань затемнень Сонця:

1. Причини повних та кільцевих затемнень. Їх часткових фаз.
2. Частота виникнення сонячних затемнень (причини і факти).
3. Можливі траєкторії руху тіні та напівтіні Місяця по поверхні Землі; сітка ізофаз.
4. Тривалість сонячного затемнення в конкретних пунктах та загалом.
5. Цікаві питання з фотометрії Сонця.

Було з'ясовано, що затемнення Сонця, хоч і недовгочасне, створює деякий вплив на стан озонового шару Землі, на погоду, на живі організми і, напевно, враховується при передбаченні умов радіозв'язку через іоносферу та умов роботи космічних апаратів. При цьому необхідно знати площу світної частини Сонця  $S_{серпа}$ .

Ця величина також знадобилась нам для вирішення спірного питання, що виникло при перегляді періодичної преси напередодні сонячного затемнення 11 серпня 1999 року. Ми наштовхнулись на деяку розбіжність повідомлень журналів «Наука и жизнь» [1] та «Пульсар» [2].

По-перше, це неоднаковість означень фази затемнення Сонця: в [1, с. 51] читаємо: «Фаза указывает, какая доля площади солнечного диска оказывается закрытой»; в [2, с. 11]: «Ступінь покриття Сонця Місяцем називається фазою сонячного затемнення. Вона вимірюється відношенням закритої Місяцем частини сонячного діаметра до його повної довжини». Коротко це можна записати у вигляді формул:

згідно [1]	згідно [2]
$\Phi_s = \frac{\Delta S_3}{S}, \quad (1),$	$\Phi_s = \frac{\Delta d_3}{d}, \quad (2)$
<p>де <math>S</math> – площа диску Сонця;  <math>\Delta S_3</math> – площа затемненої частини диску Сонця.</p>	<p>де <math>d</math> – довжина діаметра диску Сонця;  <math>\Delta d_3</math> – довжина затемненої частини діаметра диску Сонця.</p>



док).

Радість відкриття нової для нас формули і була нагородою за виконану роботу. Поява цієї формули – це результат інтеграції знань з різних предметів.

Бажано було б мати формулу площі сегмента виду (3) у довідниках з математики.

Далі ми знайшли залежність  $\Phi_S$  від  $\Phi$ :

$$\Phi_S = \frac{2}{\pi} \left( \arccos(1 - \Phi) - (1 - \Phi) \sqrt{1 - (1 - \Phi)^2} \right), \quad (4)$$

або при  $\varphi = 1 - \Phi$

$$\Phi_S = \frac{2}{\pi} \left( \arccos \varphi - \varphi \sqrt{1 - \varphi^2} \right) \quad (5)$$

Для зручності обчислень формулу (4а) було подано у вигляді програми для мікрокалькулятора (типу “Електроніка МК-61”), яка разом з командами має вигляд:

В/О	F	ПРГ	П-Х	1	F	X <sup>2</sup>	/-/
В↑	1	+	F	√	В↑	П-Х	1
×	/-/	В↑	П-Х	1	F	cos <sup>-1</sup>	+
2	×	F	π	+	С/П	F	АВТ
φ	Х-П	1	В/О	С/П			

Виконуючи обчислення за цією програмою, заповнили таблицю 1:

Таблиця 1

Φ	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Φ <sub>S</sub>	0	0,04	0,10	0,19	0,28	0,39	0,50	0,62	0,75	0,87	1

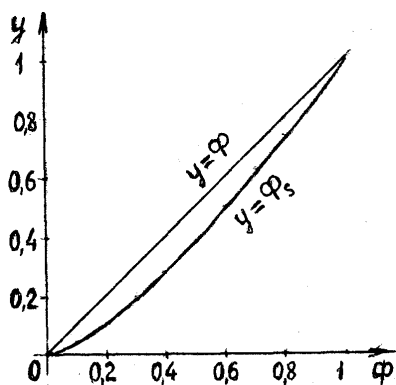
На основі табличного подання функції побудували графік залежності  $\Phi_S$  від  $\Phi$  (рис. 2).

Далі виконали обчислення  $\Phi_S$ :

- для Севастополя ( $\Phi=0,942$ ) ми одержали  $\Phi_S=0,926$ , а не 0,95, як пише журнал [1];
- відповідно для Ялти ( $\Phi=0,938$ ), одержали  $\Phi_S=0,921$ , а не 0,93, як в [1].

Залишається лише здогадуватись, чим же пояснюється така невідповідність в означенні фаз затемнення Сонця та їхніх числових значень в [1] та [2]. Мабуть, тим, що в журналі «Наука и

жизнь» стаття А. Остапенка подана під ліричним заголовком «Мимолетное чудо» і містить наближені дані та вільні означення.



Слід зауважити, що формула (3) виведена для випадку, коли видимі диски Сонця й Місяця однакові, хоч бувають випадки, коли вони різні.

Рис. 2. Крива  $y=\Phi_s$  розміщується нижче бісектриси координатного кута  $y=\Phi$ .

Далі ми вирішили приховати знайдену відповідь на поставлене питання і залучити учнів до процесу самостійного пошуку відповіді.

Хоч без нашої допомоги тут не обійшлося, та все ж гуртківці простежили процес народження формули, якої не було в переглянутих ними довідниках [3]–[6] і відчули, що:

- 1) вони поглибили знання про хід та причини сонячних затемнень і зможуть розповісти про це явище принаймні своїм товаришам;
- 2) їм сподобалось, що математика допомагає іншим наукам;
- 3) вони мали нагоду впевнитись у тому, що інтеграція знань з різних предметів є надійним фундаментом для відкриття;
- 4) якщо задачу дуже хочеш розв'язати, то неодмінно знайдеш шлях до її розв'язання;
- 5) таку задачу можна делегувати на урок математики.

А пізніше гуртківці впевнились і в тому, що одержана нами формула (3) площі сегмента має практичне застосування. Так, коли до нас звернулись працівники водоканалу за консультацією та допомогою в розрахунках витрат води через трубу, частково перекриту круглою задвижкою того ж діаметра, що й труба (і були вдячні нам за допомогу). Ми показали, що за кількістю  $n$

висунутих витків стрічкової різьби гвинта (з кроком  $b$ ) задвижки можна визначити фазу  $\Phi$  перекриття труби діаметра  $d$ :

$$\Phi = \frac{nb}{d},$$

і далі за наведеними вище формулами чи таблицею 1 визначити  $S_{серпа}$ , яка включається у формулу витрати води.

#### Література:

1. Остапенко А. Мимолетное чудо // Наука и жизнь. – 1999 – №7.
2. Дзюбенко М.І. 11 серпня 1999 року – сонячне затемнення // Пульсар. – 1999. № 6–7.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Госиздат, 1957. – С. 169.
4. Выгодский М.Я. Справочник по элементарной математике. – М.: Госиздат, 1960. – С. 294.
5. Рывкин А.А., Рывкин А.З. Справочник по математике. – М.: Высшая школа. 1987. – 480 с.
6. Справочник по элементарной математике. Геометрия, тригонометрия, векторная алгебра / Под ред. Фильчакова П.Ф. – К.: Наукова думка, 1967. – С. 127.

## РОЛЬ ТВОРЧИХ РОБІТ У РОЗВИТКУ КРЕАТИВНОСТІ УЧНЯ

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

Виховання творчої особистості – одна з основних задач педагога. Учнівські перемоги на різного роду турнірах, конкурсах та олімпіадах є індикатором його діяльності. Але справжнім показником творчої діяльності вчителя, рівня його навчально-виховної роботи з учнями є його повсякденна робота.

На всіх типах уроків, за умови, що вчитель впроваджував креативну педагогіку, він відчує творче сприйняття фізики його вихованцями.

Наприклад, на уроці повідомлення нових знань вчитель розглядає питання про неможливість одержання абсолютного нуля температури (існує нижня межа температури), в учнів виникає питання про те, чи існує верхня межа температури (10 клас). Теоретичні основи про верхню межу температур розглядаються в 11 класі.

Якщо в 11 класі при вивченні атомної фізики учні запропонують модель установки, використовуючи яку можна експериментально підтвердити наявність спіну в електрона, можна бути спокійним: електрика і магнетизм засвоєні на належному рівні. Тут творчими були і вчитель, і учні.

Кожен учитель має набір питань, які можна задати учням, коли пройде деякий час після вивчення певної теми, щоб перевірити, чи свідоме та глибоке засвоєння матеріалу, чи можуть вони творчо застосовувати свої знання в незнайомій ситуації.

Наведемо декілька таких прикладів.

1. Що можна сказати про рівнодійну для сил дії та протидії? (3-й закон Ньютона).

2. Яка робота виконуватиметься при переміщенні заряду по зарядженій металевій пластині?

3. Земля – негативно заряджений провідник з напруженістю 130 В/м. На висоті біля 1,7 м від поверхні Землі різниця потенціалів між Землею і цією точкою приблизно 220 В. Чи



можна використати цю різницю потенціалів, щоб засвітити лампочку?

Таким чином, працюючи в руслі креативної педагогіки, вчитель особливу увагу приділяє знанням-трансформаціям, через які одержані знання переносяться на розв'язування нових задач, нових проблем та досягають своєї мети творчості [Алейников А.Г. О креативной педагогике // Вестник высшей школы. – 1989. – №2. – С. 29–34].

Одним із практичних методів, що дозволяє в перші роки вивчення фізики надати навчанню творчого характеру, є спостереження. Спостереження в школі, вдома, на природі дають можливість встановити цікавий факт, зрозуміти фізику явища, спостерігаючи закономірності.

Слід навчити учнів описувати спостережуване явище, а саме: 1) вказати фізичне тіло, яке спостерігаємо; 2) визначити тіла, з якими воно взаємодіє; 3) замінити дії цих тіл відповідними силами; 4) вибрати систему відліку, 5) висунути гіпотезу для пояснення явища; 6) зазначити, які експериментальні дослідження вдалось зробити, яка достовірність отриманих величин, чистота експерименту (чи всі можливі фактори враховані).

Наведемо декілька прикладів спостережуваних закономірностей, що викликали інтерес в учнів.

1. Якщо провести горизонтальну пряму між двома кульками кондуктора електрофорної машини, то, як показали спостереження, іскра при розряді дуже рідко іде по цій прямій, а майже завжди – по кривій, що проходить вище цієї горизонталі, і ніколи не опускається нижче неї. (В. Шаповал).

2. Рік тому асфальт на вул. Лермонтова був дуже гарний. Тепер він деформований, причому неоднаково. Між зупинками він рівний, а на всіх зупинках він має чотири вм'ятини. Найбільшою виявляється перша по ходу транспорту. (Д. Піскорський).

3. Двері в квартирі скриплять. Звук різної гучності та різного тону в залежності від того, хто відкриває двері. Якщо низький та гучний – двері відкриває мама, а якщо високий та короткий – тато). (Ю. Луценко).

4. При сильному морозі на вікні з'являються візерунки. По краях вікна малюнки крупні та рельєфні, а до середини – менші,

їхня поверхня гладенька. (О. Монастирська).

5. Бурульки ніколи не бувають гладенькі, вони начебто складаються з окремих сплюснутих кульок. (Г. Шиліна).

6. Чому для опору, електроємності, коефіцієнту жорсткості, прискорення є такі закономірності?

<i>Послідовне з'єднання</i>	<i>Паралельне з'єднання</i>
$R = R_1 + R_2$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$C = C_1 + C_2$
$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}$	$K = K_1 + K_2$
$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}$	$B = B_1 + B_2$

На відміну від початківців, старшокласники виконують творчі роботи. Особливу цінність мають роботи з експериментальними дослідженнями за тематикою, що відповідає інтересам учнів. Прикладами таких робіт можуть бути “Перші кроки в цифрову голографію” та “Експериментальне дослідження польоту тенісного м'яча”.

Дослідницька робота, пов'язана з інтересом учня, вимагає самостійного пошуку і “відкриття” нових знань: теоретичні знання учня ним же і перевіряються на практиці; різноманітність трудової діяльності: опрацювання теоретичного матеріалу, до того ж часто з випередженням, і практика; розрахунки, опрацювання довідникового матеріалу, виготовлення експериментального обладнання, і сам експеримент; учень чітко усвідомлює значення одержаних знань, умінь та результатів; учень встановлює зв'язок відомого з іще невідомим, але актуальним для нього.

Виконуючи творчу роботу, учень вчиться ставити експеримент, грамотно обробляти результат. Ось тоді і з'являються нові паростки творчого мислення – дивергентне мислення. При наявності його людина зможе відмовитись від звичного способу дій, коли він перестав бути ефективним, та замінити його новим, більш дієвим.

## ЗАУВАЖЕННЯ ДО ВИКЛАДАННЯ ЗАКОНІВ ДЛЯ ІДЕАЛЬНИХ ГАЗІВ

М.Н. Половина, Р.С. Тутік  
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний  
університет

Останнім часом викладання законів для ідеальних газів базується на молекулярно-кінетичній теорії. Як наслідок з'являється формула Клапейрона-Менделєєва, яка вражає своєю красою і математичною довершеністю. Далі з цього рівняння стану газу, як частинні випадки, отримують закони Бойля-Маріотта, Гей-Люссака і Шарля. Але викладач зобов'язаний не тільки демонструвати математичну красу, а, в першу чергу, думати про глибоке розуміння учнями фізичних явищ, яке неможливе при нехтуванні історичним аспектом. Використання тільки формули Клапейрона-Менделєєва призводить до того, що закон Гей-Люссака виступає як опис ізобарного процесу або як формула зміни об'єму сталої маси газу з температурою  $V=V_0(1+\alpha t)$ , в той час як закон Шарля відповідає ізохорним процесам, або описує зміну тиску сталої маси газу з температурою за формулою  $P=P_0(1+\beta t)$ .

Але суть цих законів не тільки в цьому. Саме головне, і це часто не підкреслюється, полягає в тому, що коефіцієнти  $\alpha$  і  $\beta$  однакові для всіх ідеальних газів. Заслуга Гей-Люссака і Шарля полягає у виявленні цього факту і експериментальному доведенні того, що  $\alpha = \beta = \frac{1}{273} \frac{1}{K^0}$ .

Крім того, фізика в своїй основі є експериментальною наукою. З методологічної точки зору розвиток науки йде від узагальнення експериментальних даних у вигляді законів до побудови теорії, а не навпаки. І якраз експериментальні закони Бойля-Маріотта, Гей-Люссака і Шарля були тією основою, на якій будувалась молекулярно-кінетична теорія ідеальних газів.

Основним запереченням щодо зручності використання цих законів при розв'язуванні задач вважають те, що їх не можна застосовувати для процесів, в яких маса газу змінюється. Але це є штучним запереченням, яке легко спростовується.

Розглянемо, наприклад, ізотермічний процес ( $T = \text{const}$ ). Відомо, що при сталій масі газу маємо  $P_1V_1 = P_2V_2$ . Нехай тепер маса газу змінюється. Тоді, якщо вважати масу  $m_2$  незмінною, для неї треба знайти об'єм газу у початковому стані, який буде  $\frac{V_1}{m_1}m_2$ , і ми отримаємо

$$P_2V_2 = P_1V_1 \frac{m_2}{m_1},$$

що призводить до рівняння

$$\frac{P_2V_2}{m_2} = \frac{P_1V_1}{m_1}.$$

Те ж саме можна зробити, коли маса  $m_1$  розглядається незмінною.

Для ізобарного процесу, у випадку, коли маса газу змінюється, закон Гей-Люссака переписеться тоді у вигляді

$$\frac{V_2}{m_2T_2} = \frac{V_1}{m_1T_1},$$

в той час як для ізохорного процесу маємо:

$$\frac{P_2}{m_2T_2} = \frac{P_1}{m_1T_1}.$$

Зрозуміло, що таке узагальнення виникає і безпосередньо з формули Клапейрона-Менделєєва, бо

$$\frac{P_1V_1}{m_1} = \frac{P_2V_2}{m_2} = \frac{R}{M} = \text{const}.$$

До речі, учням слушно було б додатково до формули Клапейрона-Менделєєва давати ще і закон зміни густини газу з температурою

$$\frac{P}{\rho T} = \frac{P_0}{\rho_0 T_0}.$$

При цьому молярна маса легко визначається через густину газу при нормальних умовах

$$M = \rho_0 V_0 \mu,$$

де  $V_0 \mu = 22,4$  л/моль.

## ЕЛЕМЕНТИ УЗАГАЛЬНЕННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ КІНЕМАТИКИ

М.Н. Половина, Р.С. Тутік  
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний  
університет

Фізика, як навчальна дисципліна, посідає провідне місце серед інших предметів природничо-математичного напрямку. Це пов'язано з тим, що вона істотно впливає не тільки на формування наукового світогляду, але й визначає певний стиль мислення та методологічні вимоги до підходів у вивченні природи. З розвитком фізики важливість методологічних знань дедалі зростає.

Але сьогодні, в силу об'єктивних і суб'єктивних причин, учитель головним чином вимагає від учнів при вивченні теоретичного матеріалу розуміння його змісту та вчить використовувати ці знання при розв'язуванні конкретних завдань. Тому настає нагальна потреба не тільки формувати у учнів традиційні знання і навички, але й знайомити їх з принципами, засобами та методами пізнання, тобто навчати їх вчитися.

Важливе місце в цьому відводиться розвитку умінь і навичок в області науково-теоретичного узагальнення, які, як правило, формуються стихійно і тому не завжди забезпечують високу продуктивність навчання. Слід зауважити, що елементи узагальнення сприяють не тільки більш глибокому розумінню конкретних закономірностей, але й можуть розглядатись як методичний прийом для більш простого розв'язування задач.

Нижче наведено приклади того, як можна ввести елементи узагальнення при вивченні кінематики, що привносить елемент творчості і дослідництва в розв'язування типових завдань.

Приклад 1. Одне з узагальнень можна зробити при розгляді прямолінійного рівноприскореного руху зі стану спокою.

Якщо ми знаємо шлях  $S_1$ , який пройшло тіло за одну секунду, то для шляху, пройденого за кожну наступну секунду, в тому числі і  $n$ -ту, маємо

$$S_n = \frac{an^2}{2} - \frac{a(n-1)^2}{2} = (2n-1)S_1. \quad (1)$$

Звідки робимо висновок, що шляхи, пройдені тілом за послідовні

секунди, відносяться як ряд непарних чисел

$$S_1:S_2:S_3:\dots:S_n=1:3:5:\dots:(2n-1). \quad (2)$$

Але цей висновок буде справедливим і у більш загальному випадку, коли розглядаються шляхи, які пройшло тіло за будь-які рівні, послідовні проміжки часу.

Отримане співвідношення можна використовувати для розв'язування задач типу: поділити відстань  $S$  на  $N$  відрізків, які проходяться тілом за однакові проміжки часу.

Оскільки довжина всіх ділянок кратна  $S_1$ , то сума всіх ділянок знаходиться як сума арифметичної прогресії  $S = (S_1 + S_n)^{N/2} = S_1 N^2$  і тоді довжина довільної ділянки  $S_n$  задається формулою

$$S_n = (2n-1)S_1 N^{-2}. \quad (3)$$

Задача 1. Тіло вільно падає з висоти 16 м. Поділити цю висоту на 4 ділянки, щоб на проходження кожної був витрачений один і той же час.

Скориставшись отриманим співвідношенням (2), або загальною формулою (3), маємо  $h_1=1$  м,  $h_2=3$  м,  $h_3=5$  м,  $h_4=7$  м.

Приклад 2. Для тіла, кинутого вертикально вгору, відомо, що:

- а) час підйому тіла дорівнює часу падіння,
- б) модуль швидкості, з якою тіло кинуте вгору, дорівнює модулю швидкості, з якою тіло впаде на землю.

Ці закономірності теж можна узагальнити:

- а) час, витрачений на проходження відстані між двома довільними точками траєкторії однаковий як при підйомі тіла, так і при його падінні;
- б) модуль швидкості в точках траєкторії руху визначається положенням тіла над поверхнею землі і не залежить від напрямку руху.

Покажемо, як використовуються ці узагальнення при розв'язуванні конкретних задач.

Задача 2. Тіло, кинуте вертикально вгору, пролітає в першу секунду три четверті частини висоти підйому. Який шлях тіло пролетить в останню секунду падіння?

Нехай максимальна висота підйому буде  $h$ , а час падіння –  $t$ . Тоді за наведеним вище узагальненням тіло в останню секунду падіння пройде шлях  $3h/4$ , такий же як і в першу секунду підйому. За законом вільного падіння  $h=gt^2/2$  і  $h/4=g(t-1)^2/2$ ,

звідки  $t^2 - \frac{8}{3}t + \frac{4}{3} = 0$ ,  $t=2c$  і шлях за останню секунду дорівнює

$$3h/4=15\text{м.}$$

Задача 3. Тіло кинули вертикально вгору зі швидкістю  $v_0$ . Який час воно знаходилось вище рівня, що відповідає висоті  $h$ ?

Нехай шуканий час буде  $t$ , який складається з часу  $t_1$  підйому з висоти  $h$  до точки найбільшої висоти і часу  $t_2$  спуску тіла до висоти  $h$ . З вищенаведеного узагальнення  $t_1=t_2$ . За законом вільного падіння швидкість на висоті  $h$  буде  $v=gt_1$ , а за другим узагальненням ця швидкість дорівнює швидкості в цій точці при підйомі, для якої маємо  $v_0^2 - v^2 = 2gh$ . Остаточо

$$t = 2t_1 = \frac{2}{g} \sqrt{v_0^2 - 2gh}.$$

Запропоновані узагальнення можуть бути перенесеними і на рух тіла, яке кинули під кутом до горизонту, оскільки рух тіла по вертикалі зовсім не залежить від того, відбувається ще й горизонтальний рух чи ні. Враховуючи, що траєкторією руху тіла буде парабола, симетрична відносно вертикалі, вищевикладені узагальнення переписуться як:

- а) час руху на довільних симетричних ділянках траєкторії буде однаковим як при підйомі тіла, так і при його падінні;
- б) модуль швидкості в симетричних точках траєкторії визначається положенням тіла над поверхнею землі і не залежить від напрямку руху.

Задача 4. Тіло яке кинули під кутом до горизонту двічі побувало на висоті  $h$  через час  $t_1$  і час  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ). Знайти повний час руху тіла  $T$ .

За умовами задачі тіло побувало на висоті  $h$  при підйомі через час  $t_1$  і при його падінні через час  $t_2$ . Тому повний час руху  $T$  буде складатися з часу  $t_2$  і часу, який витрачено на падіння з висоти  $h$ . Але узагальнення стверджують рівність часу падіння з висоти  $h$  і часу підйому до цієї висоти. Остаточо  $T=t_2+t_1$ .

## ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ

Є.Г. Попов

м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський державний аграрний  
університет

Володіння іноземними мовами завжди було ознакою вищої освіти, інтелігентності людини в кращому розумінні цього слова. За останнє десятиріччя міжнародні контакти наших науковців, викладачів, студентів суттєво зросли як у кількісному, так і якісному плані. Наприклад, у минулі 2 роки кількість студентів нашого агроуніверситету, що навчалися, проходили практику або працювали у молодіжних таборах країн Західної Європи і США, щорічно перевищувала сотню. Вони на собі відчули гостру необхідність володіння перш за все англійською мовою, яка фактично стала міжнародною.

З іншого боку, сторіччя викладання фізики, математики настільки збагатили досвід у цій сфері, що намагання далі удосконалювати класичні форми навчання виглядають малоперспективними. Зараз все частіше звертаються до нетрадиційних форм та засобів, наприклад, комп'ютерних. До таких форм слід віднести і вивчення дисциплін іноземною мовою. Не стану торкатися багатомістової історії цього питання. Деякі вищі навчальні заклади, спеціалізовані середньоосвітні школи мають сьогодні тривалий досвід подібного викладання, але він недостатньо аналізується і розповсюджується. Ситуацію ускладнює малочисельність педагогічних кадрів, які поряд зі своїм предметом вільно володіють іноземною мовою. Серед них найчастіше викладачі, котрі працювали у відрядженні за кордоном, іноді ентузіасти, хто вивчив мову самотужки. При звільненні такого викладача припинялось і його нововведення. Як приклад кардинального розв'язання кадрової проблеми наведу Придніпровську державну академію будівництва та архітектури, де практично весь педагогічний склад закінчив спеціалізовані мовні курси і вже 4 роки викладає повний комплекс фундаментальних та інженерних дисциплін французькою мовою. Такий підхід, підкріплений 50% доплатою викладачам, угодою про міжнародне визнання дипломів академії, є найбільш результа-



тивним. Але реалії більшості закладів не дозволяють поки вибрати цей шлях. Нижче автор пропонує свій 7-річний досвід викладання фізики та біофізики англійською мовою у Дніпропетровському агроуніверситеті, 1-річну спробу навчання фізиці у 7 класі середньоосвітньої школи-гімназії № 66 м. Дніпропетровська. Перші результати цих спроб вже розглядалися і отримали позитивну оцінку на семінарі-наradі завідувачів кафедр фізики України у 1995 р. в Харкові.

Студенти нашого університету вивчають фізику (на факультетах ветеринарної медицини і зооінженерному – біофізику) на I курсі, вступні іспити з фізики не складають, більшість з них – випускники сільських шкіл. Аналіз їх початкового рівня володіння англійською мовою підштовхнув до єдиного можливого варіанта – викладання у формі факультативу. Дійсно, тільки бажання навчатися з таким підвантаженням та впевненість у собі могли компенсувати слабке мовне та фізичне підґрунтя. Лише раз, у 2000 р., принцип факультативності був порушений – відвідувати мої англійські заняття зобов'язали цілком академічну групу, сформовану з тих, хто на вступній співбесіді показали кращі знання англійської мови. Успішність, поточна і на екзамені, була в цьому випадку нижче, ніж на факультативі (середній екзаменаційний бал 4,0 проти 4,6).

Організація факультативу починалась з звернення до потоку студентів на вступній лекції – запрошення бажаючих, узгодження з ними на перерві розкладу англійських лекцій, семінарів і лабораторних занять. Таке узгодження з представниками різних груп завжди ставало проблемою і найчастіше обмежувалось лише лекціями. Для уникнення відставання від основного потоку перший місяць планувались 2-3 додаткові лекції. Коли вдавалось, з відповідно переробленими англійськими інструкціями до лабораторних робіт, проводити останні, мовні досягнення були більш помітними.

При підготовці кожної лекції широко застосований той факт, що наукові терміни на різних мовах мають подібний напис і звучання: *енергія* – *energy*, *маса* – *mass*, *молекула* - *molecule*,... Кількість нових слів на кожній із перших 3-4 лекцій обмежувалась 15-20, а далі потреба в них поступово зменшувалась і наприкінці не перевищувала 10. Необхідні для конспектування

англійські фрази спочатку цілком записувались на дошці і супроводжувались усним перекладом (який студенти надписували олівцем), тобто перші лекції були змішаними, англо-українськими. Але з часом ці записи скорочувались за рахунок вже знайомих слів і фраз. Приблизно через місяць (5-6 лекцій) студенти могли конспектувати на слух, а на дошці записувались лише нові слова і фрази. Цей несподіваний для студентів і, навіть для автора, успіх повторили школярі 7 класів, котрі теж через 1 місяць конспектували на слух. (Присутні на відкритому занятті представники районного відділу освіти недовіриливо перевіряли їх записи і були вражені результатом.) На жаль, експеримент з школярами через 1 рік припинився із-за браку мого часу.

Початкова кількість студентів факультативу коливалась в різні роки від 12 до 30, що складало 20-50 % тих на потоці, хто вивчав англійську при кафедрі іноземних мов. Студенти факультативу мали можливість паралельно відвідувати лекції основного потоку, або повернутися до нього, якщо не впорались з англійським навчанням. Першою можливістю і лише на початку навчання користувалась приблизно третина, другою – теж третина, тобто закінчували факультатив в різні роки 8-20 студентів. Причиною повернення в потік частіше були не стільки мовні проблеми, скільки розклад лекцій, які починались, щоб задовольнити всіх бажаючих, до початку інших занять, о 6<sup>30</sup> ранку (коли взимку ще ніч).

Зворотній зв'язок на лекціях відбувався шляхом опитування (відповіді студенти зачитували із конспекту, або формулювали самостійно), пропозицій перекласти з англійської окремі тези лектора. Практикувалося написання рефератів по деяким темам. Головний контроль знань – 3 колоквиуми на протязі семестру, які в сумі охоплювали всю тематику дисципліни. Відповіді, як поточні, так і на колоквиумах, оцінювались 2 оцінками – перша за фізичний зміст, друга за володіння англійською мовою і стан конспекту (для порівняння і стимулювання мовних успіхів студентів). В якості екзаменаційної пропонувалася середня оцінка 3 колоквиумів (за фізичний зміст), яка уточнювалася з урахуванням поточних оцінок на лекціях, семінарах і лабораторних заняттях – так звана модульна оцінка знань. Якщо така оцінка не задовольняла студента, він мав можливість здавати звичайний екзамен

разом зі своєю групою (на вибір – по англійським, чи українським білетам).

Середній екзаменаційний бал на факультативі на протязі 7 років коливався поблизу 4,6. Синхронно залежно від якості набору коливався коло 3,6 середній бал на потоці (включно з факультативом). Але таке порівняння ще не характеризує успіх англомовного навчання, бо потрапляли на факультатив і закінчували його як правило кращі студенти. Для більш коректного порівняння підрахований середній бал тих у потоці, хто вивчає англійську мову (відому частку котрих складає факультатив) і тих, хто вивчає французьку та німецьку мови (такі складають разом приблизно половину потоку). Підрахунки дають відповідно 3,8 і 3,4, де помітну різницю 0,4 бала слід розглядати як внесок факультативу.

Таким чином, очікування, що англомовне підвантаження погіршить вивчення фізики, не виправдовується. Навпаки, факультатив забезпечив поглиблене засвоєння фізики і одночасно додаткове вивчення мови. Студенти в чисельних спілкуваннях вже після екзамену теж підтверджували це. Причину успіху можна шукати як в дружній роботі різних ділянок мозку, так і в більш чіткому, лаконічному викладанні тез, коли багатослів'я пояснень не затьмарює суті. Певний внесок могло дати наближення англомовного навчання до індивідуального.

## **ВИКОРИСТАННЯ СТРУКТУРУВАННЯ ЗНАТЬ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ**

І.М. Пустинникова, Г.В. Камуз  
м. Донецьк, Донецький національний університет

Не викликає сумніву, що професіонал в будь-якій галузі повинен володіти сучасною інформацією, тобто повинен постійно навчатися. Однак, оскільки об'єм інформації дуже швидко зростає, то спосіб подання інформації потрібно докорінно змінити: треба від “школи пам'яті” з її заучуванням великої кількості розрізнених фактів переходити до “школи мислення”, де матеріал максимально узагальнений.

Знати – це значить розуміти, тобто вміти проникнути в глибину речей, за поверхню явища. Процес засвоєння будь-яких понять полягає не тільки і не стільки в запам'ятовуванні їх визначень, але й у встановленні зв'язків між ними, тобто у формуванні суб'єктом цілісної системи цих понять, або, інакше кажучи, встановленні структури навчального матеріалу.

Зв'язок між елементами навчального матеріалу не лежить на поверхні. Однак у дидактиці можна оперувати лише тими зв'язками, що або повинні бути встановлені у свідомості учнів, або уже встановлені. Проте, точне визначення навіть цих зв'язків далеко не завжди просте. Ця задача повинна бути вирішена в кожному конкретному випадку на підставі даних відповідних наук, окремих методик, а також загальнодидактичних розумінь. Елементами логічної структури навчального матеріалу виступають поняття і судження, які є рівноправними елементами структури навчального матеріалу.

Величезне значення в теорії педагогіки мають питання про побудову правильної нормативної предметної моделі учня, що пов'язані зі структуруванням змісту навчального предмета. Застосування структурування предмета при процесі навчання дозволяє учням компактно сприймати матеріал, а вчителю при підготовці до уроку визначити, які знання необхідно актуалізувати при поясненні навчального матеріалу. Вивчення будь-якого навчального предмета пов'язано з використанням двоякого

роду понять. Деякі поняття беруться з уже наявних в учня до початку вивчення даного питання запасу понять (наприклад, поняття “кут” вивчається в математиці, а не в фізиці, а без знання цього поняття неможливе вивчення законів геометричної оптики). Нерідко використовувані поняття взагалі не одержують у шкільному курсі логічного визначення (наприклад, поняття «час» не визначається, а без цього поняття неможливе вивчення фізики). Поняття, що складають такого роду знання, називають поняттями нульового рівня. Відштовхуючись від цих понять, людина починає вивчати предмет, тобто на їхній основі формує деякі досить прості поняття. Ці поняття, сформовані на основі понять нульового рівня, називають поняттями першого рівня. Засвоївши перший рівень, людина, спираючись на поняття першого і нульового (чи тільки першого) рівня формує більш складні поняття. Їх називають відповідно поняттями другого рівня. Якщо розвивати ці міркування далі, тоді одержимо, що існують поняття третього рівня, тощо [1].

При роботі з предметними знаннями вихідними елементами навчального матеріалу є саме поняття, тому при структуруванні знань спочатку необхідно визначити всі терміни, які використовуються в даній темі, і уточнити їхній зміст, тобто скласти термінологічний словник предметної галузі [2]. Потім ці знання повинні бути структуровані.

Однак при вивченні фізики не можна обмежитися тільки засвоєнням понять, тому що зв'язки і відносини між поняттями виражаються, наприклад, у фізичних законах.

Розглянемо побудову структури фізичних законів на прикладі курсу «Механіка». Усі фізичні закони можуть бути сформульовані за допомогою висловлень, кожне з яких можна представити у вигляді фактів. Кожен факт, з тих на які розбите висловлення, повинний, по можливості, носити універсальний характер, тобто брати участь у представленні інших висловлень так, щоб кожне висловлення було результатом об'єднання декількох типових фактів. Для цієї мети необхідно представити висловлення у вигляді сукупності елементарних фактів, що уже не розбиваються на більш прості факти. Елементарні факти відповідають елементарним висловленням, значення яких істинно.

У вузівському курсі немає єдиного підручника, по якому би займалися студенти, а в різних текстологічних джерелах один і той самий закон формулюється по-різному, різними словами. Розглянемо методику засвоєння законів, здобутих з текстологічних джерел (на прикладі курсу «Механіка»).

При засвоєнні формулювання закону студенти повинні [3]:

1. Проаналізувати навчальний матеріал, виділити закони з різних текстологічних джерел.

2. Виділені закони, при необхідності, записати у вигляді суджень.

3. Проаналізувавши судження, за допомогою яких формулюється один і той самий закон, виділити елементарні факти, що його формують.

4. Визначити відносини між фактами.

5. Переформувати судження (крок 2) з урахуванням кроків 3 і 4.

6. Сформулювати закон, з огляду на крок 5.

До занять студенти звичайно готуються за різними підручниками. При вивченні курсу «Механіка» у Донецькому національному університеті рекомендують підручники [4; 5; 6].

Розглянемо як відбувається засвоєння формулювання закону збереження моменту імпульсу. При аналізі відповідних розділів вузівських підручників [4; 5; 6] були виділені такі формулювання закону збереження моменту імпульсу:

А. Момент імпульсу замкнутої системи матеріальних точок залишається постійним [4, с. 111].

В. Якщо момент зовнішніх сил щодо нерухомого початку дорівнює нулю, то момент імпульсу системи щодо того ж початку залишається постійним у часі [5, с. 182].

С. Момент імпульсу замкнутої системи є величина постійна, тому що для неї сума зовнішніх сил, а, виходить, і момент зовнішніх сил дорівнює нулю [6, с. 306].

Виділимо елементарні факти, на які спирається кожне із суджень.

Судження А складається з таких елементарних фактів:

Якщо існує система матеріальних точок

І система замкнута

То момент імпульсу системи залишається постійним

Судження В складається з таких елементарних фактів:

Якщо початок нерухомий

I момент зовнішніх сил щодо початку дорівнює нулю

То момент імпульсу системи щодо того ж початку залишається постійним у часі

Судження С складається з таких фактів:

Якщо існує система

I система замкнута

То момент імпульсу системи є величина постійна

Таблиця – Список фактів для різних формулювань закону збереження моменту імпульсу

ФАКТИ	[4]	[5]	[6]	Аналіз
1. Існує система			+	+
2. Існує система матеріальних точок	+			
3. Система замкнута	+		+	
4. Початок нерухомий		+		+
5. Момент зовнішніх сил щодо початку дорівнює нулю		+		+
6. Момент імпульсу системи щодо того ж початку залишається постійним у часі		+		+
7. Момент імпульсу системи залишається постійним	+			
8. Момент імпульсу системи є величина постійна			+	

Перераховані вище факти були зведені до таблиці, і, на підставі даних суджень, був проведений аналіз фактів, що складають цей закон. Якщо факти 1 та 2, або 6, 7 та 8 є однаковими за змістом і відрізняються лише семантикою, то факти 3, 4 та 5 слід розглянути детальніше. Для збереження моменту імпульсу факт 3 (система замкнута) є достатнім, але не є необхідним, оскільки головне, щоб мав місце факт 5, а от сума усіх сил, що діють на систему, може не дорівнювати нулю.

Тобто, з урахуванням цих міркувань, закон збереження моменту імпульсу можна сформулювати таким чином: “Якщо мо-

мент зовнішніх сил щодо нерухомого початку дорівнює нулю, то момент імпульсу системи щодо того ж початку є величина постійна”.

Використовуючи описану вище методику, можна виділяти та записувати у вигляді суджень закони з різних текстологічних джерел. Потім ці закони розбивати на факти, при аналізі яких виділяти необхідні та достатні ознаки законів, і на їхній основі формувати судження, що формулюють ці закони.

Таким чином, організовується навчальна діяльність (на продуктивному рівні) при вивченні фізичних законів. Запропонована методика може застосовуватися також при вивченні інших дисциплін як природничо-наукового, так і гуманітарного циклів.

#### Перелік посилань

1. Атанов Г.А., Пустынникова И.Н. Структурирование понятий предметной области с помощью методов представления знаний // Искусственный интеллект. – 1997. – № 2. – С. 29–52.

2. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. – М.: Радио и связь, 1992. – 200 с.

3. Кузьминова Т.Ю., Пустынникова І.М. Структурування законів фізики за допомогою методів подання знань // Вісник Рівненського державного технічного університету: розділ “Педагогіка”: “Сучасні технології навчання: проблеми і перспективи”. Збірник наукових праць: В 2 ч. – Рівне: РДТУ, 2001. – Ч. 2. – С. 129 – 136.

4. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие: В 3 т. – М.: Наука, 1982. – Т. 1: Механика. Молекулярная физика. – 432 с.

5. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Механика: Учеб. пособие для вузов. – М.: Наука, 1980. – 520 с.

6. Хайкин С.Э. Физические основы механики. – М.: Наука, 1971. – 752 с.



## КОМПЬЮТЕРНЫЕ ДЕМОНСТРАЦИИ ПО КРИСТАЛЛОГРАФИИ

Д.Ю. Путилов, В.Н. Кадченко  
г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический  
университет

Изучение элементов кристаллографии происходит на разном уровне сложности, начиная со школьного курса, далее в вузовском курсе общей физики, в курсе физики твердого тела. Существующий методический арсенал ограничивается в этой области чертежами и натурными моделями из шариков и стержней, что громоздко, неэффективно, и поэтому мало используется в лекционной практике.

В данной работе предлагается программа, представляющая собой цикл лекционных демонстраций по кристаллографии, которая призвана расширить возможности иллюстраций для лектора в столь академически строгой части курса физики и совместить наглядность физической модели с динамикой компьютерной модели. Программа может быть использована также при самостоятельном изучении курса физики, а отдельные её фрагменты – в качестве тренажёра.

При изучении основ кристаллографии предполагаются следующие демонстрации:

- *типы кристаллических решёток (по Браве):*
  - по виду элементарного параллелепипеда;
  - по типу центрирования;
  - различные варианты выбора элементарной ячейки;
- *группы преобразований симметрии, характерные каждой сингонии:*
  - оси вращения различных порядков;
  - трансляционную симметрию кристалла;
  - плоскости зеркального отражения;
- *способ расчета числа атомов в элементарной ячейке:*
  - примитивной;
  - гранецентрированной;
  - объемно-центрированной;
- *способ задания координат атома в различных решётках*

(индексы точки);

- способ задания кристаллических плоскостей по индексам Миллера;
- примеры кристаллических решёток с различным типом химической связи:
  - ионная связь (типа NaCl);
  - ковалентная связь (алмаз, графит);
  - металлическая связь (плотная кубическая упаковка атомов Cu);
  - металлическая связь (плотная гексагональная упаковка атомов Mg);
- образование сложных кристаллических структур наложением простых решёток Браве.

В ходе демонстрации лектор имеет возможность не только показать существующие типы кристаллических решёток, но и предложить обучаемому:

- рассмотреть элементарную ячейку кристалла с различных позиций, определяя соотношение базисных векторов **a**, **b**, **c**. (поворотом ячейки);
- выполнить преобразования симметрии, характерные каждой сингонии;
- визуализировать мысленную операцию разбиения атома кристаллическими плоскостями;
- задавать произвольные индексы узлов и плоскостей кристалла.

*Использование программы* можно иллюстрировать на фрагментах лекции «Структура кристаллов».

Многообразие кристаллических структур достаточно велико. Изучено более 100 тысяч кристаллических структур, из них около 20 тысяч – неорганических. Созданы международные компьютерные банки данных по всем неорганическим, органическим и биологическим структурам.

Разнообразие кристаллических форм позволяет провести их классификацию по определённым признакам симметрии. Существуют различные способы классификации кристаллических структур. Рассмотрим классификацию решёток по Браве – это классификация решёток параллельных переносов, учитывающая как их точечную, так и параллельно-переносную (трансляцион-

ную) симметрию.

Решётки Браве строятся на трёх базисных векторах  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$ ,  $\mathbf{c}$  – основном репере решётки. Векторы  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$ ,  $\mathbf{c}$  являются ортами системы координат, связанной с кристаллографическими осями. Существует 14 типов решёток Браве, отличающихся основным репером и типом центрировки. Каждому типу решётки Браве соответствует определенная группа преобразований симметрии. Имеется 14 абстрактно-неизоморфных таких групп. Решётки Браве делятся на 7 сингоний, отличающихся точечной группой симметрии решётки (её голоэдрией). Параметры реперов Браве, т.е. длины векторов  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$ ,  $\mathbf{c}$  и углы между ними  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  имеют ограничения, связанные с тем, что векторы  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$ ,  $\mathbf{c}$  должны совпадать с наиболее симметричными в данной группе (голоэдри) направлениями.

К преобразованиям симметрии относятся: повороты вокруг осей на угол  $180^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ , что выражается в существовании осей симметрии 2-, 3-, 4- и 6-го порядков; зеркальное отражение от плоскостей симметрии ( $m$ ); инверсия относительно центра симметрии; трансляция элементарной ячейки, то есть перемещение кристалла параллельно самому себе на вектор  $\mathbf{T} = n_1 \cdot \mathbf{a} + n_2 \cdot \mathbf{b} + n_3 \cdot \mathbf{c}$ , где  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  – целые числа (рис. 1).

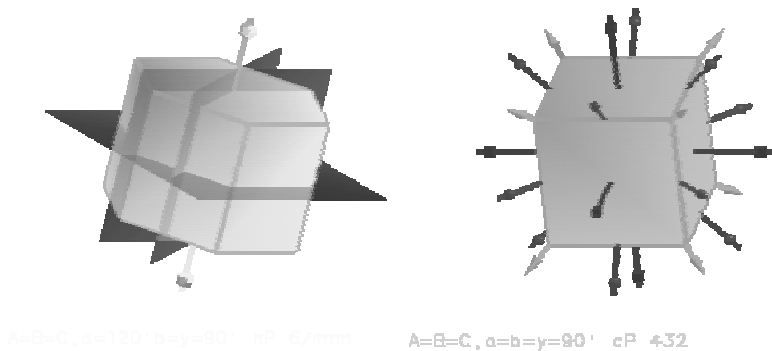


Рис. 1.

Если симметрия сингоний высших порядков (кубической) почти очевидна, то поиск симметрии в сингониях низших порядков бывает затруднен и требует достаточно развитого пространственного воображения.

Рассмотрение данной классификации и преобразований

симметрии с помощью предложенной программы облегчают эту задачу и позволяют установить существенные различия в, казалось бы, схожих решётках. Использование компьютера для указанной цели имеет несомненные преимущества и перед сборной натуральной моделью шариков – стержней, которую предлагают учащимся и студентам. С решёткой на экране монитора приятно работать, не рискуя рассыпать её на составляющие.

При решении задач по физике твёрдого тела необходимо бывает рассчитать число атомов в элементарной ячейке кристаллов. Учитывая то, что атом в узле решётки принадлежит также и соседним элементарным ячейкам, необходимо выделить условно ту его часть, которая принадлежит данной ячейке. Предлагаемая программа демонстрирует этот способ расчета для атомов, лежащих в узле, на грани и на ребре решётки, разбивая его плоскостями (рис. 2).

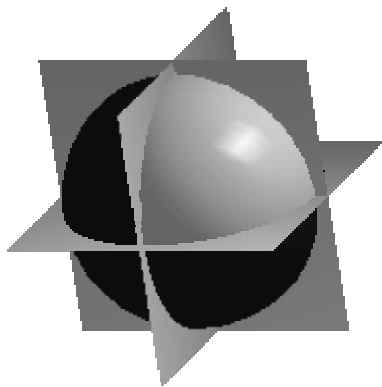


Рис. 2.

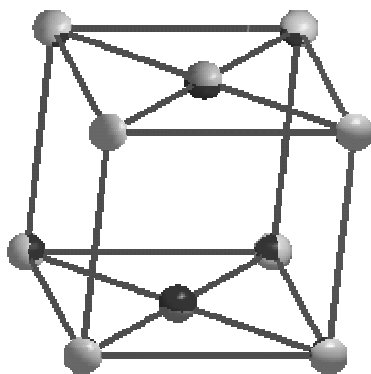


Рис. 3.

Студентам предлагается, пользуясь программой, подсчитать число атомов в элементарной примитивной, гранецентрированной и объёмно-центрированной кубической решётке (рис. 3).

Описывать структуру кристалла, т.е. указать координаты атомов, направления и ориентацию атомных плоскостей, принято с помощью кристаллографических индексов. Индексы точки – это 3 числа  $[[u, v, w]]$ , выражающие координату точки в единицах базисных векторов  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$ ,  $\mathbf{c}$ . В рамках элементарной ячейки эти индексы не превышают единицы.

Индексы Миллера (индексы кристаллографических плоско-

стей) – это три целых числа  $h, k, l$ , определенным образом связанных с отрезками, отсекаемыми плоскостью на осях координат. Если эти отрезки  $m, n, p$ , то целочисленные обратные отношения этих чисел определяют индекс Миллера:

$$1/m : 1/n : 1/p = h : k : l - \text{плоскость } (hkl).$$

Равенство нулю одного или двух индексов означает, что плоскость параллельна одной или двум соответствующим кристаллографическим осям.

Одними и теми же индексами Миллера может быть задано целое семейство кристаллографических плоскостей  $\{hkl\}$  (рис. 4).

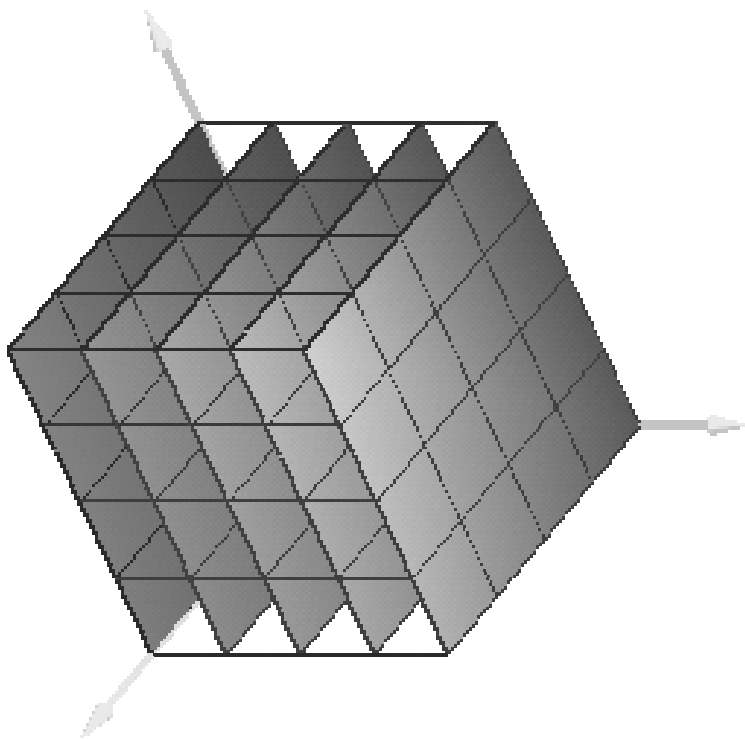


Рис. 4.

Предлагаемая программа позволяет демонстрировать получение всех типов решёток кубической сингонии перебором координат  $0, \frac{1}{2}, 1$  в диалоговом окне. Можно также продемонстрировать кристаллографические плоскости произвольной ориента-

ции.

Если плоскость с заданными индексами не видна, её ориентацию можно увидеть, перейдя к семейству плоскостей  $\{hkl\}$ .

Эта часть программы может быть использована также как тренажерная. Для получения навыков правильной индексации плоскостей студентам может предлагаться проверочная задача на расчет отрезков, отсекаемых плоскостью на осях:

$$m^2 = kl/h; n^2 = hl/k; p^2 = hk/l;$$

а также обратная задача

$$h = np; k = mp; l = mn.$$

В заключительной части лекции можно продемонстрировать примеры реальных кристаллических структур различного типа:

NaCl (рис. 5), плотная гексагональная упаковка атомов Mg (рис. 6).

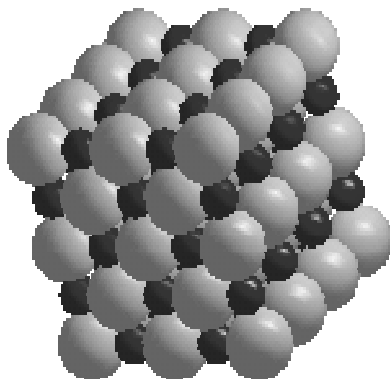


Рис. 5.

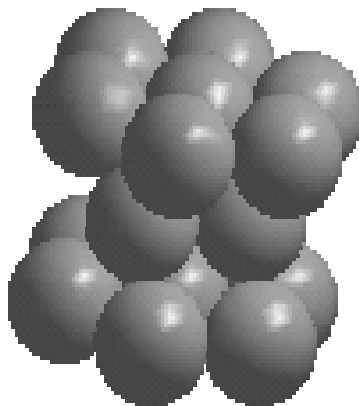


Рис. 6.

Способы получения сложных решёток путём смещения двух решёток Браве относительно друг друга можно показать на следующих примерах:

- решётка типа алмаза представляет собой две гранецентрированные решётки, сдвинутые на  $\frac{1}{4}$  диагонали куба;
- решётка типа NaCl – это две гранецентрированные решётки, сдвинутые на  $\frac{1}{2}$  ребра куба.

Этот процесс показан в движении, что облегчает его понимание.

Предлагаемая программа может быть расширена по заказу пользователя для демонстрации дефектов кристаллических структур: атомов замещения, внедрения, дислокаций, демонстрации простых форм кристаллов и реальных форм монокристаллов в процессе их роста.

Подход, использованный в данной программе, позволяет создавать сложные конструкции по заданным линейным и угловым координатам и находит достойное применение в узкоспециализированной области расчетов периодических структур, включающих десятки и сотни атомов. Такие расчеты являются достаточно длительными, поэтому поэтапный контроль рассчитанных структур по координатам атомов является крайне желательным.

### ***Характеристики программы***

Программа создана посредством кроссплатформенной графической библиотеки OpenGL. Она может выполняться на всех системах, где установлена эта библиотека (Windows, OS/2, MacOS, UNIX и др.), что существенно расширяет сферу ее применения. Программа может быть дополнена новыми возможностями в соответствии с пожеланиями пользователей. Возможности программы сочетаются с ее компактностью. Все компоненты программы без применения программного сжатия занимают менее половины стандартной дискеты (3,5"). Программа состоит всего из двух файлов CrS.exe и Glut32.dll.

## ДЕЯКІ ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ “ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ” І РОЛЬ ВИКЛАДАЧА В РОЗКРИТТІ ЦИХ ПИТАНЬ

В.С. Савчук

м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний  
університет

У матеріалах відповідної попередньої конференції, що відбулася у Кривому Розі в 2001 р., була надрукована доповідь Ю.Є. Крота [1], у якій автор пише, що він використав “неофіційний стиль викладу, наближений до стилю доповіді, і можливо дещо полемічний” [1, с. 181]. У даному випадку, Ю.Є. Крот, претендуючи на полеміку і виступаючи як знавець історії фізики, або наводить невірні факти з вивчення катодних та рентгенівських променів, або просто спотворює їх (стосовно досліджень у цій галузі І.П. Пулюя). А це вже дещо інше, ніж полеміка. Оскільки це питання тісно пов’язане з розглядом теми “Електромагнітне випромінювання”, хочеться дати пояснення до тексту згаданої доповіді й доповнення, які, сподіваємось, змінять враження від “методичних порад” Ю.Є. Крота.

Що ж повідомляє нам пан Крот, намагаючись вивести шкільне вчителство з темряви незнання. Він пише: “Як приклад неперевіреної інформації, переданої до “Internet” можна навести історію з “українським Рентгеном” – Пулюєм”. [1, с.181]. І далі у нього: “За ініціативою відділів народної освіти вчителі навіть (який жах – В.С.) пропонували учням готувати реферати, присвячені цьому вченому, як першовідкривачу Х-променів” [1, с. 181]. Дійсно, нема безпосередніх доказових підстав того, що І.П. Пулюй перший усвідомив наявність нового виду випромінювання – Х-променів. І якби далі Ю.Є. Крот об’єктивно розглянув, яким же дійсно був внесок І. Пулюя, то питань би не виникло. Справа у тому, що саме І. Пулюй, а не В. Рентген був ближчий у своїх поясненнях природи рентгенівського випромінювання до сучасних, саме він започаткував медичну рентгенологію і т.п. Усі факти свідчать про те, що І.П. Пулюй заслуговує значно більшого визнання своїх заслуг у галузі фізики, ніж склалося.



Справедливо Ю.Є. Крот висуває тезу про необхідність розгляду викладачами фізики передісторії відкриття Х-променів і починає її з німецького фізика Й. Гітторфа, який у 1869 р. відкрив промені, названі катодними і розпочав їх вивчення. Додамо, що англійський фізик В. Крукс у доповіді на річних зборах Британської асоціації сприяння наукам 22 серпня 1879 р., яка потім вийшла окремим виданням у німецькому перекладі під назвою “Випромінна матерія або четвертий агрегатний стан”, зробив нові висновки щодо природи катодних променів. Далі йде інформація з курсу “Історія фізики” П.С. Кудрявцева [2], що “австрійський фізик Гінтль у 1880 р. висловив гіпотезу, що катодні промені – це потік металевих частинок, що їх вириває з катода електричний струм” [1, с. 181]. Ю.Є. Крот, посилаючись на П.С. Кузнєцова, повідомляє, що “цю точку зору підтримав і розвинув Пулуа (ні ініціали, ні “національність” не зазначено)”.

Звернемося до джерел. З 1880 по 1882 р. І.П. Пулюй друкує низку статей під загальною назвою “Випромінна електродна матерія” [3]. Підсумком цих досліджень стала праця І.П. Пулюя “Випромінна електродна матерія і так званий четвертий агрегатний стан” [4], видрукована у 1883 р. З цієї роботи випливає, що видатний українець чи не першим практично дійшов сучасного погляду на природу катодних променів, зазначивши: “На мою думку матерія, яка наповнює темний простір, складається з механічно вирваних електродних частинок, що заряджені сталою негативною електрикою і прямолінійно рухаються з великою швидкістю. Щоб не було ніякого сумніву щодо суті цієї матерії, я називаю її “випромінна електродна матерія” на відміну від так званого “світла жеврійного розряду” [4, с. 188].

Далі Ю.Є. Крот досить вірно й упевнено викладає сутність дослідів Ленарда і повідомляє вчителям, що той видозмінив трубку для вивчення катодних променів. Не заперечуємо. Але у зв’язку з цим викликає подив, щ Ю.Є. Крот на с. 184 пише: “Захисники” Пулюя розповідають, що саме він подарував Рентгену для проведення ним досліджень трубку власної конструкції (“лампу Пулюя”), хоча не зрозуміло, навіщо Рентгену, який мав у своєму розпорядженні трубки Гітторфа, Крукса, Ленарда потрібна була ця “лампа” (підкреслено нами – В.С.) [1, с. 184]. На жаль, Ю.Є. Крот мабуть не читав заключення відомих

фізиків, (серед яких були й іноземні, і українські) про те, що найкращою для отримання X-променів на той час виявилась “лампа” Пулюя. Так, видатний український фізик М.Д. Пильчиков, вказував на те, що використавши для отримання рентгенограм трубки Пулюя “ми досягаємо зменшення тривалості експозиції до кількох хвилин, а згодом до 30 секунд” [5, с. 124]. То може М.Д. Пильчиков для Ю.Є. Крота не авторитет. Тоді звернемося до свідчення американського фізика Фроста: “Коли я прочитав коротке кабельове повідомлення – мовиться про рентгенові відкриття – я переглянув усі Круксові лампи в лабораторії і між ними знайшов таку, яка виділяла надзвичайні промені X. Ця лампа була відома як Пулюєва” [6, с. 697]. Так чому ж тоді не розповісти для вчителів, що конструкцію цієї лампи винайшов І.П. Пулюй ще за 14 років до дослідів Рентгена і принцип дії її покладено у роботу сучасних рентгенівських трубок. Недарма І. Пулюєм для отримання X-променів була використана, як він сам писав: “лампа, яку я сконструював 14 років тому... В моїй лампі вони (X-промені – В.С.) виникають не на скляній стінці, а на фосфоресційному екрані і скеровані вздовж нормалі. Далі можна було б чекати, що невидиме проміння в цьому випадку значно сильніше, ніж у звичайних рурках, в яких тільки скляні стінки відносно слабо фосфоресцують. Експерименти підтвердили ці сподівання” [7, с. 250].

Як вчений Ю.Є. Крот знає, що на цитування робляться посилення. Але він не принижується до посилань у цитатах.

Переконливо виглядає позиція Ю.Є. Крота щодо того, що “державна належність” вченого визначається не його місцем народження, а місцем, де виконані основні наукові роботи. Але сам він допускається у своїх прикладах помилок, щодо того, де вчився Г.А. Гамов. Крім того, якщо звернутися до історії, то була не Австрія у розглядуваний період, а Австро-Угорська імперія. Якщо Ю.Є. Крот наполягає на Австрії (як частині імперії), то той же І.П. Пулюй працював і в Хорватії, і в Чехії. Хто ж тоді він? І хоча “національність” Пулюя не визначено, мені дуже здається, що він був українець. І вже просто соромно читати, що ім'я батька І. Пулюя “дослідники чомусь не встановили” [1, с. 183]. Батька Івана Пулюя звали Павло, і якби Ю.Є. Крот зазирнув у такі видання, як [8, 9] та інші, то він достеменно знав би, як звучь

батька Івана Павловича Пулюя.

Далі Ю.Є. Крот пише, що “Іван Пулюй ... лише народився в Україні, ... а одержав вищу освіту і працював протягом життя в Австрії” [1, с.185]. Відносно Австрії я вже говорив. Тепер “щодо тільки народився”. Далі все-таки визнається, що І. Пулюй ще й гімназію закінчив в Україні і лише тоді поїхав до Австрії. А чому б не пояснити вчителям причини, за якими І. Пулюй залишився в Австро-Угорщині. Наведу тільки одну з них. Після закінчення Віденського університету він мав викладати або у Львові або у Києві. “Однак йому як неблагонадійному царська поліція не дала згоди на роботу в Києві” [10, с. 17]. Хоча і не міг І. Пулюй повернутися до України назавжди, на постійне проживання, але він був тісно пов’язаний з нею, приїздив до України. Влітку 1880 р. він гостював поблизу Києва на хуторі Мотронівському біля Борзни у відомого письменника і громадського діяча П. Куліша [11]. Разом з П. Кулішем та І. Нечуй-Левицьким він переклав українською мовою Святе Письмо Нового завіту, яке було видано у Львові у 1881 р. у друкарні товариства НТШ. І. Пулюй видрукував у збірниках НТШ 4 статті українською мовою, у 1870 р. написав українською мовою «Молитовник», виданий 1871 р. У Відні організував (1867) культурно-пропагандистське товариство «Січ», у Празі (разом з І. Горбачевським) студентське земляцтво «Українська Громада». Він заповів, щоб його поховали в Україні. Так що все-таки мабуть він був українцем, вченим з України.

Цікавим є твердження Ю.Є. Крота, що І. Пулюй «був особисто знайомий з Рентгеном і теж займався дослідженнями процесів у розрядних трубках» [1, с. 183]. Виходить, що Рентген займався ціми дослідженнями весь час, а Пулюй лише «теж». А нам здавалось, що це Рентген до відкриття Х-променів не мав жодної публікації, присвяченої катодним променям.

Підводячи підсумки, можна повністю погодитися з Ю.Є. Кротом, що наведений ним «огляд деяких варіантів сучасної інформації свідчить про необхідність тісної взаємодії суб’єктів навчання з викладачами». Лишається тільки додати, що все наведене нами вище свідчить ще про одну необхідність – необхідність «тісної взаємодії викладача з першоджерелами та історіографією питання щодо життя і творчості того, про кого

викладач збирається писати».

Плекаємо надію, що з даної статті викладачам стануть більш ясними і сама постать І.П. Пулюя, і його внесок у розвиток досліджень електромагнітного випромінювання.

#### Бібліографічні посилання:

1. Крот Ю.Є. Роль викладача фізики в період комп'ютеризації та дистанціювання навчального процесу // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. – Кр. Ріг, 2001. – Т.2. – С. 181–185.
2. Кудрявцев П.С. История физики. – М.: Гос. изд. Мин-ва просвещения, 1956. – Т. II.
3. Puluj I. Strahlende Electrodenmaterie // Sitzungsberichte d.Kais. Acad.d.Wiss., math. - naturw Classe.- 1880. - **81**.-S. 864-923; 1881.-**83**.-S. 402-420; 1882.-**85**.-S. 696-708.
4. Пулюй І. Випромінна електродна матерія і так званий четвертий агрегатний стан // Іван Пулюй. Збірник праць. – К.: Рада, 1996. – С. 180-247.
5. Плачинда В.П. Микола Дмитрович Пильчиков. – К.: Наук. думка, 1983.
6. Форманн В. З біблією і Пулюєвою лампою // Іван Пулюй. Збірник праць. – К.: Рада, 1996. – С. 686–698.
7. Пулюй І. Про виникнення рентгенових променів та їхній фотографічний чин // Іван Пулюй. Збірник праць. – К.: Рада, 1996. – С. 248–254.
8. Влох О.Г., Гайда Р.П., Пляцко Р.М. Доля вченого в долі України // Аксіоми для нащадків. – Л.: Меморіал, 1992. – С. 183–207.
9. Влох О.Г., Гайда Р.П., Пляцко Р.М. Іван Пулюй та становлення рентгенології // Нариси з історії природознавства і техніки. – К., 1994. – Вип. 41. – С. 63–75.
10. Шендеровський Василь. Він належав до тих, хто формував світ // Іван Пулюй. Збірник праць. – К.: Рада, 1996. – С. 14–23.
11. Пулюй І. Кілька споминів про Куліша і його дружину Ганну Барвінок // Там саме. – С. 514–564.

## ДІАГНОСТИКА ВІДСТАВАННЯ УЧНІВ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ ТА СПОСОБИ ЙОГО УСУНЕННЯ

С.І. Саричева

м. Кривий Ріг, Середня загальноосвітня школа № 102

Особливе місце у загальнолюдській культурі посіла найбільш розвинута природнича наука – фізика. Фізика, як шкільний предмет знайомить учнів з фундаментальними науковими теоріями, поняттями, законами. Але загальнокультурне значення фізики полягає у формуванні в них наукового мислення, наукових поглядів на природні та антропогенні явища. Фізика покликана озброювати учнів методами наукового пізнання, активізуючи їх природну спостережливість, допитливість і пізнавальну діяльність. Вчитель організовує педагогічне керівництво учбово-пізнавальною діяльністю школярів, а навчальна діяльність учнів спрямована на засвоєння знань, придбання навичок та вмінь.

Методологічною основою викладання фізики у школі є пріоритет загальнолюдських і національних цінностей, переорієнтації навчально-виховного процесу на особистість дитини. Саме тому свою діяльність, як вчителя, я направила на подолання відставання учнів у навчанні фізики, як елемента неуспішності.

Неуспішність – це сумарна, комплексна, підсумкова непідготовленість учня, що констатується наприкінці вивчення окремої теми.

Для себе я виділяю такі моменти запобігання неуспішності:

- 1) виявлення ознак неуспішності, тобто діагностика;
- 2) оперативна допомога учням;
- 3) аналіз процесу навчання;
- 4) аналіз індивідуальних обставин, що спонукали відставання, та вплив на них.

До ознак відставання учнів відносяться:

- вагається, відтворюючи теоретичні положення, сприйняті з розповіді вчителя або з підручника, не може відповісти на запитання, виділити головне, визначити частини викладеного, оцінити правильність розповіді товариша та його

- відповіді на запитання;
- не може відтворити формулу, дати визначення поняття, сформулювати закон, неправильно вживає терміни, не помічає аналогічних помилок інших учнів;
  - не може застосувати закон, формулу, правила для розв'язання задачі знайомого типу за зразком (пояснити або відтворити схему, графік тощо);
  - не може застосувати закон, формулу для розв'язання задачі нового типу, самостійно проаналізувати дані, використовувати свої знання, комбінувати їх; скласти план розв'язання задачі або оцінити план товариша; визначити, в чому полягають труднощі задачі (побачити проблему) і визначити, що нового здобуто після розв'язання задачі;
  - вагається, складаючи цілісну розповідь за структурною схемою, або не може оцінити розповідь товариша;
  - не може зіставити теоретичні положення зі структурою наукової теорії, вказати статус знання, визначити його як елемент цілого;
  - вагається, перебудовуючи розповідь від мети викладання;
  - не знайомий з додатковою літературою, не прагне спілкуватися з людьми, які могли б йому допомогти, не цікавиться науково-популярними теле- та радіопередачами, фільмами;
  - не запитує вчителя про суть того, що вивчається;
  - неуважний, коли пояснюється складний матеріал та потрібно напружити думку;
  - неохоче береться до виконання складних вправ, розв'язання нетипових задач, намагається вибрати легшу роботу;
  - байдужий до своїх успіхів та невдач, неохоче виконує роботу, за яку не ставлять оцінок, і не може або не хоче оцінити якість своєї роботи;
  - виявляє ознаки відставання у формуванні ціннісного ставлення до науки; відмовляється допомагати в навчанні товаришам, неохоче виступає в ролі помічника вчителя, не намагається застосувати свої знання в суспільно-корисній та позаурочній праці.

Така систематизація ознак відставання учнів з фізики дає змогу вчителю проводити додаткові заняття, які покликані нада-

ти диференційовану допомогу учням. Зміст таких занять складають не конкретні знання з фізики, а загальнонаукові вміння, способи, прийоми навчально-пізнавальної діяльності та спеціальні заняття з корекції когнітивних процесів (пам'ять, увага, мислення), від яких залежить успішне засвоєння школярами змісту предмета.

В своїй діяльності з учнями, які не встигають, я використовую такі види коригуючої діяльності:

1) повторення пояснення в максимально розчленованому вигляді;

2) запитання учням по суті матеріалу, що вивчається, без виділення деталей;

3) виконання учнями низки однотипних завдань з постійним поверненням до правил чи формул;

4) відтворення учнями засвоєної формули чи визначення;

5) повторний розгляд та аналіз таблиці і схем, які використовуються на уроці, з поясненням незасвоєного;

6) розв'язування з учнями низки завдань творчого характеру, де використовується закон (поняття), з аналізом можливого ходу думки, альтернативних рішень;

7) аналіз кожного пункту структурно-логічної схеми описування основних видів знань;

8) складання переказу матеріалу параграфу частинами (за пунктами);

9) визначення статусу повного виду знань у складі наукової теорії;

10) повторення пояснення методологічних знань (знань про знання);

11) демонстрація на прикладах зміни логіки викладання матеріалу залежно від мети вивчення;

12) розкриття основних положень наукової теорії.

Відомо, що зовнішній вплив вчителя у навчанні завжди опосередкований через внутрішні зусилля особистості учня, його власну активність, коли учень сам обирає найбільш зручний варіант навчальної діяльності. Отже, щоб подолати неуспішність у навчанні, бажано запропонувати учням систему способів навчання (незалежно від успішності):

1) планування завдань своєї навчальної діяльності в ком-

плексі;

- 2) виділення головного в змісті своєї навчальної діяльності;
- 3) вибір послідовності дій, прийомів і темпу навчання;
- 4) самоконтроль своєї навчальної діяльності, порівняння результатів із навчальними можливостями.

В своїй роботі, щоб допомогти учням оволодіти конкретними прийомами самоконтролю в процесі вивчення програмового матеріалу, я використовую такі завдання:

- 1) запитання для самоконтролю;
- 2) складання плану прочитаного;
- 3) складання структурно-логічних схем;
- 4) виконання різноманітних завдань типу: відтворити у схемі певний матеріал; порівняти відповідь із зразком; знайти помилки; пояснити та виправити помилки; коригувати навчальну діяльність учнів.

Для самоконтролю я пропоную учням такі завдання:

- 1) виділити ознаки предмету, явища, закладені у визначенні поняття;
- 2) підкреслити істотні ознаки;
- 3) дати визначення;
- 4) порівняти це визначення з тим, що наведено у підручнику.

Невстигаючими інколи стають діти пізнавальні, інтереси яких не реалізуються під час навчання, а також ті, хто не працює старанно, долаючи труднощі навчання. Недостатність інтелектуального навантаження притупляє допитливість і породжує розумові лінощі. Тому диференціювання у навчанні потрібне не тільки учням, які ледве засвоюють обов'язковий мінімум освіти, а й здатним набагато його перевищувати.

#### Література:

1. Бабанський Ю.К. Оптимизация процесса обучения. – М.: Педагогика, 1977.
2. Легкий М.П. Контроль за преподаванием учебных предметов // Радянська школа. – 1988.
3. Освіта і управління. – 1998. – Т. 2.



## ПЕРЕДІСТОРІЯ ШКІЛЬНОГО ПІДРУЧНИКА З ФІЗИКИ

О.В. Сергєєв<sup>1</sup>, Н.Л. Сосницька<sup>2</sup>

<sup>1</sup> м. Запоріжжя, Запорізький державний університет

<sup>2</sup> м. Бердянськ, Бердянський державний педагогічний інститут

Історія підручника, при тому, що в кожній країні їй властиві свої неповторні особливості, що зв'язують її зі специфікою національної культури, з неминучістю включена в той же час у єдиний потік історії людської культури. І це зовсім природно. Адже підручник містить інформацію, що відбиває з більшою чи меншою повнотою і точністю усталений зміст науки, а вона *інтернаціональна*. Тому мова йде про всю багатонаціональну множину підручників.

На перший погляд завдання огляду сотень підручників, написаних безліччю авторів різних країн, видається безнадійним. Проте воно відносно просте в силу наступних обставин:

- підручник фізики з властивими йому атрибутами з'явився лише наприкінці XVIII ст.;
- до періоду науково-технічної революції гідних аналізу шкільних підручників було мало;
- гідні уваги підручники відразу ж виявлялися на очах, вони перекладалися в усіх країнах; так само, як не існує забутих видатних наукових відкриттів, немає і гідних підручників, що залишилися б в тіні;
- найголовніші обставини пом'якшення завдання полягають у тім, що вітчизняна система освіти розвивалася з хронічним гістерезисом щодо зарубіжних.

Відповідно, ми довгий час не мали оригінального підручника, в основному користувалися перекладами “гідних підручників”, і тому історія вітчизняного підручника є досить точним відображенням нашої історії.

Таким чином, еволюцію підручника необхідно розглядати за етапами розвитку фізики, накопичення знань, формування системи знань. Звідси випливає наступна періодизація, що дає можливість виявлення плідних *тенденцій*:

**І. Передісторія підручника фізики.** Від стародавніх часів орієнтовно до кінця XVIII ст. Для цього періоду характерне ви-

користання в навчальних цілях першоджерел, праць, написаних творцями самої науки. У цей період з'являються і перші книги, спеціально створені в навчальних цілях, але вони ще не мали звичних атрибутів підручника.

**II. Період формування класичної фізики.** Він охоплює в основному XIX ст. Це в той же час період формування основного змісту підручників фізики.

**III. Перехідний період.** Він охоплює останнє десятиріччя XIX ст. до початку першої світової війни. Це період переходу фізики від системи класичних уявлень до уявлень сучасної фізики. Одночасно це період радикальних змін підручника фізики.

**IV. Період становлення сучасної фізики.** Між першою і другою світовими війнами. У цей час відбувається насичення підручників сучасними фізичними уявленнями.

**V. Період науково-технічного прогресу.** Одночасно це період революційного відновлення підручника фізики. Продовжується до тепер.

За традицією, яка започаткована Аристотелем, фізика майже до кінця XVII ст. викладалася як частина філософії. Виділення її у спеціальний предмет відбулося у різних країнах і різних навчальних закладах не одночасно.

Природно, що підручник, з притаманними йому атрибутами, міг з'явитися лише після оформлення фізики як системи знань, а це відбулося в XVII-XVIII ст. Роль перших підручників фізики відігравали книги, написані вченими – творцями науки. Все почалося з “Математичних начал натуральної філософії” І. Ньютона (1678 р.).

В історії природознавства не було події більш великої, як поява “Начал” (“Principia mathematica philosophiae naturalis”) Ньютона. Причина була в тім, що ця книга підводила підсумки всьому зробленому за попередні тисячоліття в учінні про найпростіші форми руху матерії. Складні перипетії розвитку механіки, фізики й астрономії, пов'язані з іменами Аристотеля, Птолемея, Коперніка, Галілея, Кеплера, Декарта поглиналися і замінялися геніальною ясністю і стрункістю начал. Ньютонове вчення про простір, час, масу і силу давало загальну схему для вирішення будь-яких конкретних завдань механіки, фізики й ас-

трономії.

“Начала” Ньютона багато разів перевидавалися, перекладалися на всі європейські мови. Велику роль зіграла публікація книги Вольтера “Елементи філософії Ньютона” (1738 р.), що містила популярний виклад основних ідей “Начал”.

Слово “начало” можна віднести не тільки до фізики як науки, але й до методики навчання. Жодна із праць сучасників Ньютона не мала атрибутів підручника, тоді як у “Началах” Ньютона вони очевидні. Явно проглядається логічна структура. Книга складається з трьох частин. У першій вводяться визначення основних фізичних понять – маси, кількості руху, сили. Потім формулюються знамениті три закони динаміки. Далі подаються рішення низки задач динаміки матеріальної точки і твердого тіла. Друга частина “Начал” присвячена динаміці руху тіл в опірному середовищі, гідродинамічним і гідростатичним задачам, аналізу хвильового руху. Третя частина “Про систему світу” націлена на всебічне обґрунтування закону всесвітнього тяжіння.

Ми докладніше зупинимося саме на вихідних положеннях “Начал” – визначеннях і аксіомах руху й остаточному висновку – законі всесвітнього тяжіння. Основні поняття маси і сили, запропоновані Ньютоном, настільки ввійшли в плоть і кров ученого, що здаються природними. Ньютон змусив століттями думати своїми образами, спрямував розвиток науки своїм шляхом, хоча були можливі й інші підходи. Для визначення маси, кількості руху і сили Ньютон установлює необхідні поняття часу, простору, місця і руху. “Ці поняття загальновідомі, – говорить Ньютон, – однак необхідно відмітити, що вони відносяться звичайно до того, що осягається нашими почуттями. Звідси випливають неправильні судження, для усунення яких необхідно наведені вище поняття розділити на абсолютні й відносні, математичні і буденні.

I. Абсолютний, істинний, математичний час сам по собі і за своєю сутністю, без усякого відношення до чого-небудь зовнішнього, протікає рівномірно й інакше називається тривалістю. Відносний, уявний чи буденний час є чи точна, чи мінлива, що осягається почуттями, зовнішня, здійснена за допомогою якого-небудь руху міра тривалості, яка вживається в повсякденному житті замість істинного математичного часу, як то:

година, день, місяць, рік.

II. Абсолютний простір за самою своєю сутністю безвідносно до чого б то зовнішнього не було, залишається завжди однаковим і нерухомим.

III. Місце є частина простору, яку займає тіло, і стосовно простору буває абсолютним, чи відносним.

IV. Абсолютний рух є переміщення тіла з одного абсолютного його місця в інше, відносно – з відносного у відносно... Замість абсолютних місць і рухів користуються відносними; у справах життєвих це не створює незручностей, у філософських же необхідне відволікання від почуттів. Може виявитися, що в дійсності не існує тіла, яке знаходиться у стані спокою, до якого можна було б відносити положення і рухи інших” [1, с. 126].

Ці визначення понять абсолютного простору і часу Ньютона давно стали розглядатися скептично; критика досягла своєї вершини в теорії відносності Ейнштейна; вони були, однак, зовсім необхідні Ньютонові для створення своєї механіки, для вираження її законів. Виправдання цих понять – у справедливості принципів механіки та їх наслідків, виражених за допомогою цих понять.

На підставі визначень Ньютон установлює три знаменитих аксіоми (закони) руху:

“I. Усяке тіло продовжує утримуватися у своєму стані спокою чи рівномірного і прямолінійного руху, поки й оскільки воно не примушується прикладеними силами змінювати цей стан.

II. Зміна кількості руху пропорційна прикладеній рушійній силі і відбувається за напрямком тієї прямої, по якій ця сила діє.

III. Дії завжди є рівна і протилежна протидія, інакше взаємодії двох тіл одне на одного між собою рівні і спрямовані в протилежні боки” [1, с. 127].

Перший закон (інерції) виражений у явно відносній формі. Стан спокою чи прямолінійного рівномірного руху рівноправні в залежності від стану руху тіла, за яким проводиться спостереження. З іншого боку, прискорений рух, за Ньютоном, завжди може бути виявлений абсолютно завдяки силам, які виникають (наприклад, відцентровій силі), що викликає різні дії. Ньютон цілком враховував, що “може виявитися, що в дійсності не існує

тіла, яке знаходиться у стані спокою, до якого можна було б відносити місця і рухи інших” [1, с. 128], і закон інерції не буде мати абсолютного значення. Нескінченні суперечки про формулювання закону інерції у другій половині минулого століття мали предметом головним чином марні пошуки абсолютного формулювання закону: рух намагалися відносити до гіпотетичного “тіла  $\alpha$ ”, центру інерції Всесвіту, ефіру. Ясно, однак, що відносний закон інерції формулюється бездоганно, якщо тільки мається можливість відрізнити рівномірний прямолінійний рух від прискореного. У сучасній теорії відносності ця можливість виключається, і принцип інерції замінюється більш загальним законом, що приблизно можна виразити так: рух тіла за інерцією відбувається по “геодезичних” найкоротших лініях, при цьому маються на увазі “лінії” у чотирьохмірному просторово-часовому різноманітті змінної кривизни. Змінна кривизна обумовлюється розподілом мас.

Перший і другий закони у відношенні практичних додатків були розглянуті ще Галілеєм і Декартом; Ньютонові належить їх загальне, надзвичайно обережне формулювання, оцінити яке за достоїнством можна тільки тепер, після створення теорії відносності. Третій закон сам Ньютон зв’язує з ім’ям Гюйгенса, однак тільки в “Началах” ми вперше зустрічаємося з яким і загальним формулюванням закону дії і протидії.

Про далекоглядність Ньютона при встановленні принципів механіки можна судити хоча б за тим, що й у наш час закон дії і протидії засвоюється початківцями зі значними труднощами, більше формально запам’ятовується, ніж розуміється. Це емпіричний дослідний закон, узагальнений належним чином. У листі до Котсу з приводу другого видання “Начал” Ньютон дає таке пояснення третьому закону: “Якби деяке тіло могло притягати інше, розташоване поблизу, але не притягалось б саме з такою ж силою останнім, то тіло, що притягає менш сильно, погнало б інше перед собою, і обидва вони почали б рухатися з прискоренням *ad infinitum* (до нескінченності), що суперечить першому закону руху” [1, с. 130].

Застосовуючи свої принципи до рухів планет і комет, до своєрідного руху Місяця, явищ падіння тіл на земній поверхні, до припливів і т.д., Ньютон цілком однозначним шляхом впевнено

прийшов до закону всесвітнього тяжіння.

Нагадавши на початку третьої книги основні емпіричні закони руху супутників Юпітера і Сатурна, самих планет і Місяця, Ньютон на підставі висновків у першій книзі “Начал” доводить, що у всіх цих рухах сила, спрямована від центрального світила до супутника, зменшується обернено пропорційно квадратам відстаней. Центральним пунктом третьої книги є розрахунок, з якого випливає, що Місяць утримується на своїй орбіті тією ж силою тяжіння, під дією якої падають важкі тіла на поверхні Землі.

Вивчення руху Місяця дало Ньютону доказ не тільки формальної подібності закону центральних сил, що визначають рухи планет, комет, супутників, з одного боку, і явищ падіння з іншого, але і їхньої повної тотожності.

Ньютон ретельно обходив у “Началах” питання про можливі причини тяжіння, обмежуючись установленням самого факту і його математичним формулюванням, й уникав гіпотез. Сам Ньютон у сімдесяті роки неодноразово вказував на можливі різні пояснення тяжіння.

У “питаннях” “Оптики” ефірна гіпотеза тяжіння викладається неодноразово, але і там ефір відкидається. З погляду чисто механічної ідеї про природженість тяжіння матерії і про дію на відстані без допомоги всякого агента, зрозуміло, здавалася Ньютону безглуздою, що він і висловлював неодноразово.

Більше трьох століть, що пройшли з часу появи “Начал”, мало що прояснили в питанні про “причину” тяжіння в тім смислі, як це розуміли в класичній фізиці.

Вирішення проблеми тяжіння було започатковане в 1916 р. Ейнштейном як необхідна ланка загальної теорії відносності, яка включає будь-які прискорені рухи. Рішення це своєрідне і несподіване, тому що робить саму постановку питання про механічну причину тяжіння як таку, що не має змісту. У теорії відносності тяжіння, власне кажучи, не відрізняється від відцентрової сили й інших інерційних ефектів, зв’язаних нерозривно з прискореними рухами мас. Ніхто не ставить питання про специфічні причини відцентрової сили, вона випливає із закону дії і протидії. Аналогічного характеру набуває і всесвітнє тяжіння в загальній теорії відносності. Незбагненність далекодії зникає в

теорії Ейнштейна, тому що абсолютний порожній простір Ньютона замінюється фізичним простором, не менш реальним і матеріальним, ніж речовина, що визначає властивості цього простору.

Зміст “Начал” не вичерпується принципами механіки, проблемою тяжіння, астрономічними задачами і теорією припливів. У другій книзі “Начал” міститься величезний матеріал з питання про рух тіл у середовищі, яке спричиняє опір, про коливання і хвилі в пружних тілах, і вперше дана теорія поширення звуку в середовищі.

“Начала” Ньютона знаменували собою нову еру в розвитку науки. Вони стали міцним фундаментом, на якому успішно будувалася фізика XVIII–XIX ст., що одержала назву класичної. Книга підбивала підсумок усьому зробленому за попередні тисячоліття в ученні про найпростіші форми руху матерії.

З “Начал” перейшли поступово в усі підручники фізики основні поняття класичної механіки, формулювання фундаментальних понять динаміки, закон всесвітнього тяжіння, постановка основних задач динаміки матеріальної точки.

До першоджерел можна також віднести праці Галілея – “Діалог про дві системи світу” (1632 р.) і “Бесіди і математичні докази про дві нові науки” (1638 р.), “Нові досліді” Геріке (1642 р.), “Про магніти” Гільберта (1600 р.), “Нова астрономія” Кеплера (1620 р.), “Трактат про світло” Гюйгенса (1690 р.).

Першим підручником вважається “Курс експериментальної фізики” Жана Теофіла Дезагюльє (1683–1744), професора фізики в Оксфорді, відомого розповсюджувача фізичних знань. Перше видання цієї книги вийшло у Лондоні в 1717 р., вона багаторазово перевидавалася на європейські мови.

Для шкільного рівня практикувалися “скорочення”. Так, найбільш популярний у XVIII ст. підручник голландського фізика Пітера ван Мушенбрука (1692–1761 р.) “Вступ в натуральну філософію”, виданий посмертно в 1762 р., вийшов російською мовою в 1791 р. під назвою “Скорочення дослідної фізики”. Як показує порівняння, підручник Мушенбрука визначив зміст курсу фізики XVIII ст.

Одним з перших підручників у наших гімназіях був відомий підручник Г. Крафта “Короткі накреслення відкритого проход-

ження дослідної фізики”, уперше виданий у 1737 р. латинською мовою і далі ще багаторазово видавався в перекладах на європейські мови. Це невелика книжка (224 сторінки) без малюнків і формул, що містить описовий матеріал.

Більш змістовною є “Вольфганська експериментальна фізика”, яка перекладена на російську мову М.В. Ломоносовим у 1746 р.

Можна висловити загальне твердження, що до кінця XVIII ст. існували лише еквіваленти підручників фізики. Вивчалися фрагменти основ фізики.

Першою вітчизняною книгою, що має атрибути шкільного підручника фізики, був “Посібник з фізики” П. Гіляровського, виданий у 1793 р.

У підручнику П. Гіляровського з’являються перші ознаки акцентування, активізації пізнавальної діяльності, оптимізації засобів засвоєння. У ньому всього дев’ять розділів. Виділені “Додатки”, в яких дані “математичні докази і дослідження до різних параграфів”. Уперше з’являються задачі, більшість з яких із геометричної оптики. Намічені міжпредметні зв’язки: у підручнику містяться елементи хімії й астрономії.

Можна стверджувати, що в розглянутий період існував глибокий розрив між рівнем переднього краю фізики і рівнем вивчення її основ і що у вітчизняній школі розрив цей був особливо великим. За змістом підручники були збірниками уривків поверхової інформації, якісних описів явищ. **Системи знань** ще не було.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Вавилов С.И. Исаак Ньютон. – М.: Наука, 1989.
2. Дягилев Ф.М. Из истории физики и жизни ее творцов. – М.: Просвещение, 1986.
3. Кузнецов Б.Г. Этюды об Эйнштейне. – М.: Наука, 1970.
4. Мощанский В.Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики. – М.: Просвещение, 1989.
5. Мощанский В.Н., Савелова Е.В. История физики в средней школе. – М.: Просвещение, 1981.



## **ВИПЕРЕДЖАЮЧЕ НАВЧАННЯ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ**

О.В. Снісаренко

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

В наш час кількість інформації з фізики стала настільки значною, що вона не може бути якісно засвоєна за відносно короткий термін навчання. Тому актуальним напрямком досліджень у методиці викладання фізики є пошук активних форм навчання. Однією з таких форм є випереджаюче навчання. Правильна організація роботи учнів на уроках і в позаурочний час, яка спирається на принцип випереджаючого навчання, значно підвищує успішність, якість і глибину знань, пізнавальний інтерес, самооцінку і сприяє розумовому розвитку.

При випереджаючому навчанні важливу роль відіграє самостійна робота учнів та індивідуальна робота вчителя з учнями. Відомо, що на всіх інтелектуальних фізичних конкурсах, турнірах і олімпіадах від дітей вимагається не тільки знання за програмою, а й інформацію про матеріал, який значно ширший і глибший або який ще не вивчався на даний момент.

При випереджаючому навчанні для розвитку творчої особистості дуже важливим є креативний розвиток учнів, який забезпечується використанням у роботі технологій, методик, прийомів для навчання у диференційованих групах. Провідними методами викладання при випереджаючому навчанні є: проблемне викладання, частково-пошуковий і дослідницький методи продуктивної діяльності учнів. Вчителі у своїй практиці використовують найрізноманітніші форми навчання.

Необхідно також пам'ятати, що активність пізнавальної діяльності при випереджаючому навчанні є джерелом розумового розвитку лише за умови її перетворення у самоактивність. Отже формування самоактивності – головна задача випереджаючого навчання. Також для формування стійкого інтересу до предмету необхідна систематична і цілеспрямована позакласна робота.

Прикладами позакласної роботи з учнями із застосуванням

випереджаючого навчання можуть служити роботи двох учениць. Перша – учениця 10 класу Довгинцівського гуманітарно-технічного ліцею працює над темою “Розв’язування задач про нескінченні електричні кола”, яку розробляє в програмній оболонці Delphi. В курсах інформатики і фізики відповідні теми вивчаються у другому семестрі, а роботу потрібно закінчити в першому. Друга – учениця 11 класу Центрально-міського ліцею працює над темою, пов’язаною зі стробоскопічним ефектом і ефектом Пульфріха, які виникають при обертанні твердого тіла. Ефект Пульфріха пов’язаний з оптикою ока і вивчається лише в кінці 11 класу.

Випереджаюче навчання доцільно застосовувати і на уроках. Прикладом може бути лабораторна робота “Послідовне і паралельне сполучення” за програмою 8 класу. Учням роздається обладнання. Є опори на 4 і 2 Ом. Спочатку перевіряється послідовне сполучення і робляться загально відомі висновки: 1)  $I = \text{const}$ , 2)  $U = U_1 + U_2$ , 3)  $R = R_1 + R_2$ . Далі вчитель пропонує розрахувати  $R_1$  і  $R_2$  за вимірними значеннями  $U$  та  $I$  і учні бачать, що похибка вимірювань більша на більшому опорі. Далі досліджується паралельне сполучення і робляться висновки: 1)  $U = \text{const}$ , 2)  $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ , 3)  $I_1/I_2 = R_2/R_1$ . І тут учні теж розраховують  $R_1$  і  $R_2$  за вимірними  $U$  й  $I$  і бачать, що похибка більша на меншому опорі. Бажано дозволити дітям доторкнутися до резисторів ( $U < 4V$ ) і порівняти температури. Після того, як буде встановлено, що при послідовному з’єднанні більше нагрівається більший опір, а при паралельному – менший, доцільно з’ясувати причину. На основі зв’язку між температурою тіла та його внутрішньою енергією і а зміни енергії з роботою струму, учні придуть до висновку, що робота струму пов’язана із силою струму. У подальшому це знання підведе дітей до зв’язку потужності із силою струму – теми, що буде вивчатись далі. Так можна зацікавити дітей самостійно опрацювати тему наперед.

Над формами і методами позакласної роботи, які зацікавлять дітей у випереджаючому і самостійному вивченні фізики, працюють багато вчителів і методистів, які прагнуть дати суспільству людей, здатних оптимально вирішувати проблеми науково-творчої спрямованості, робити цінні винаходи, бути корисними для суспільства.

## ОГЛЯДОВА ЛЕКЦІЯ З ФІЗИКИ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ НАУКОВОГО СВІТОГЛЯДУ СТУДЕНТІВ

В.В. Соловйов, Л.П. Давиденко, В.І. Міщенко  
м. Полтава, Полтавський державний технічний університет  
ім. Ю. Кондратюка

Лекційний курс фізики традиційно завершується оглядовою лекцією, яка ознайомлює студентів із перспективами розвитку сучасної фізики. Оскільки фізика як фундаментальна наука не тільки складає теоретичну й практичну основу професійно орієнтованих дисциплін, а і є дисципліною, що сприяє формуванню наукового світогляду майбутнього інженера, необхідно ознайомити студентів із сучасними уявленнями про будову мікросвіту та весвіту, основні типи взаємодії частинок.

У процесі розвитку фізики як науки постійно змінювалася і фізична картина світу. Відповідно до історії розвитку фізики ми розглядали механічну картину світу на основі законів Ньютона, електромагнітну – на базі теорії Максвелла і сучасну – на основі законів квантової механіки. Але фізика продовжує розвиватися, змінюючи наші уявлення про будову речовини й основні види взаємодії частинок.

Традиційно на останній лекції з фізики студентів ознайомлюють із сучасними класифікаціями елементарних частинок. Необхідно підкреслити, що поняття елементарності – відносне. Існують різні принципи поділу мікрочастинок на класи. Найбільш загальноживаним є поділ частинок на ферміони та бозони. Частинки з напівцілим спіном (ферміони) підпорядковуються статистиці Фермі – Дірака і підлягають принципу Паулі, а частинки з цілим спіном (бозони) підпорядковуються статистиці Бозе – Ейнштейна й не підлягають принципу Паулі.

Розглядаючи питання про властивості мікросвіту, необхідно звернути увагу студентів на те, що згідно із сучасними уявленнями більшість мікрочастинок не є елементарними в буквальному розумінні. Так, із кварків складаються не лише протони та нейтрони, а й усі короткоживучі елементарні частинки. Неподільними на сьогодні вважаються тільки електрони, фотони та

нейтрино. Але вже з'являються теорії (наприклад, суперсиметрична), згідно з якими і кварки не є фундаментальними. Так звана “теорія струн” припускає, що всі частинки складаються з одновимірних струн (strings) та двовимірних мембран (branes). Розвиток цієї теорії передбачає також існування нового виду симетрії (теорія суперсиметрії). За цією гіпотезою, подібно тому, як існує симетрія відносно заряду (частинка – античастинка), повинна існувати також симетрія за спіном. Передбачається, що в разі підтвердження ця теорія може мати дуже великий вплив на подальший розвиток фізики. Підтвердження або спростування цих уявлень планують отримати після спорудження найпотужнішого прискорювача (Швейцарія).

Вивчаючи фізику протягом року, студенти ознайомилися з основними типами взаємодії частинок: гравітаційною, слабкою, електромагнітною та сильною. На оглядовій лекції необхідно звернути увагу студентів на те, що лише гравітаційна взаємодія притаманна всім частинкам. Слабка взаємодія зумовлює перш за все процеси, котри відбуваються з участю нейтрино та антинейтрино. Найбільш детально вивчена електромагнітна взаємодія, яка властива для всіх частинок, окрім нейтрино, антинейтрино й фотонів. Сильна взаємодія – це взаємодія масивних частинок – адронів.

Прагнення вчених створити єдину теорію взаємодії знаходить своє втілення в створенні об'єднаної теорії електрослабких (electro-weak) взаємодій та єдиної теорії сильних взаємодій (квантової хромодинаміки).

Сучасний курс фізики побудований таким чином, що питання будови всесвіту в ньому не розглядаються. Тому на оглядовій лекції дуже важливим, на нашу думку, є ознайомлення студентів з основними сучасними космологічними уявленнями. Загальноприйнятою на сьогодні є теорія “Великого Вибуху” і наступного розширення (теорія інфляційного Всесвіту). За цією теорією Всесвіт з'явився з космологічної сингулярності. Космологічна сингулярність – стан, у якому густина речовини і її температура були нескінченно великими. Згідно із сучасними оцінками, вік Всесвіту становить 15 мільярдів років. Еволюція Всесвіту не припиняється й досі. За інфляційною теорією, розширення Всесвіту супроводжувалось його охолодженням, і тому ще по-

винне залишатися первісне фонове випромінювання (реліктове випромінювання). Цікаво, що ізотропне фонове випромінювання на довжині хвилі 3,5 см, що відповідає випромінюванню абсолютно чорного тіла при температурі 3 К, було виявлено ще у 1965 році. І лише через 16 років стало зрозумілим, що це і є реліктове випромінювання. Але до цього часу залишається відкритим питання про те, що було до “Великого Вибуху”. Існують також різні погляди й на майбутнє нашого Всесвіту.

На наш погляд, такі відомості про будову мікросвіту і Всесвіту не тільки викликають зацікавленість, а й сприяють формуванню наукового світогляду студентів. Науковий світогляд дозволить студентові в подальшому оцінювати та класифікувати нові знання, інтегрувати окремі факти в цілісну фізичну картину світу.

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ РУХІВ У СЕРЕДОВИЩІ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ

І.О. Теплицький

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

У пропонованому матеріалі описана авторська методика вивчення факультативного курсу «Елементи комп'ютерного моделювання» [4, 5, 6] в застосуванні до задач механіки. Зокрема, розглянуто рухи тіл під дією сили всесвітнього тяжіння.

Йдеться про одне із самих далекосяжних узагальнень, зроблених будь-коли людським розумом, а саме про закон всесвітнього тяжіння:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}. \quad (1)$$

Якщо до цього додати, що всяке тіло під дією прикладеної до нього сили набуває в напрямі цієї сили прискорення, величина якого пропорційна силі і обернено пропорційна масі тіла,

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

то, як зауважує Р. Фейнман, досвідченому математику цих відомостей цілком достатньо для виводу всіх подальших наслідків. Не претендуючи на такий високий рівень, ми зупинимося на деяких висновках і дозволимо собі дещо більш широкий погляд на ці висновки, аніж той, що пропонується в шкільному підручнику.

Насамперед зазначимо, що *вирази (1) і (2) являють собою математичну модель руху тіла під дією сили тяжіння.*

Чи не найцікавішим при вивченні таких рухів є питання про вигляд їхніх можливих траєкторій у залежності від початкових умов. Для розв'язання цього питання скористаємося можливостями комп'ютерного моделювання.

Спочатку розглянемо найпростіші моделі – рух штучного супутника навколо планети і рух планети навколо Сонця.

Далі дослідимо рух системи тіл «планета – природний супутник» (на прикладі системи «Земля – Місяць») навколо спільного центра мас.

Змінюючи умови задачі (а саме – маси тіл і відстані між ними), ми зможемо зазирнути в деякі цікаві подробиці з «життя» подвійних зірок. Тут, на відміну від попередніх прикладів, буде здійснено перехід від одиниць СІ до відносних, якими здебільшого користуються в астрономії.

У якості середовища для моделювання оберемо електронні таблиці. Докладне обґрунтування такого вибору подане в [3].

## 1. Рух штучного супутника планети

### Фізичний аналіз задачі

*Припущення 1.* Будемо вважати (і не без підстав) масу супутника набагато меншою за масу планети:  $m_{\text{супутника}} \gg m_{\text{пл.}}$ .

Це дозволить не брати до розгляду рух самої планети.

Вираз (1), як відомо, справджується для матеріальних точок або для випадку сферичних тіл із сферично-симетричним розподілом густини за умови, що  $r$  – відстань між центрами тіл. У зв'язку з цим приймемо

*Припущення 2.* Зважаючи на той факт, що відстань між центрами планети й штучного супутника значно перебільшує розміри принаймні одного з тіл, вважатимемо тіла матеріальними точками.

*Припущення 3.* Будемо нехтувати опором середовища, адже реально штучні супутники рухаються у надзвичайно розріджених шарах атмосфери. В такому разі на супутник діятиме єдина сила – сила всесвітнього тяжіння.

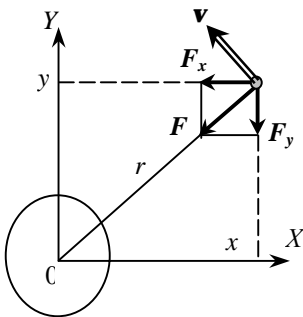


Рис. 1.

Рух штучного супутника відбувається в площині, у якій лежать вектор швидкості супутника і центр планети. В цій самій площині лежить і вектор  $F$  сили тяжіння. Для опису такого руху потрібні дві координатні вісі. Початок координат помістимо в центрі планети (рис. 1).

Тут  $F_x$  і  $F_y$  – складові вектора сили тяжіння  $F$ .

Положення супутника визначатиметься двома координатами

$x$  та  $y$ , причому проєкції  $F_x$  і  $F_y$  мають знаки, протилежні координатам.

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

$$F_x = -GMm \frac{x}{r^3}; \quad F_y = -GMm \frac{y}{r^3}.$$

Для визначення проєкцій прискорення скористаємось виразом (2):

$$a_x = -GM \frac{x}{r^3}; \quad a_y = -GM \frac{y}{r^3}. \quad (3)$$

Відстань  $r$  між тілами визначатимемо за теоремою Піфагора:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}. \quad (4)$$

Система рівнянь (3), (4) є математичною моделлю руху штучного супутника.

Конкретизуємо умову для штучного супутника Землі масою  $m = 1000$  кг, що рухається вздовж колової орбіти на висоті  $h = 300$  км.

Маса супутника не входить до виразу (3), але її значення забезпечує виконання умови  $m_{\text{супутник}} \ll m_{\text{пл}}$ .

Відстань між тілами  $r = R_3 + h = 0,3 \cdot 10^7$  м +  $6,4 \cdot 10^7$  м =  $6,7 \cdot 10^7$  м.

Для того, щоб орбіта була коловою, необхідно у початковий момент орбітального руху супутника надати йому першої космічної швидкості  $v_{2y}(0) = v_{\text{нк}} = \sqrt{\frac{Gm_3}{r}}$ .

### **Обговорення алгоритму. Обчислювальний експеримент**

Будемо фіксувати значення всіх кінематичних характеристик руху супутника через інтервали часу  $\Delta t = 1$  хв = 60 с, а час моделювання оберемо рівним  $\sim 100$  хв.

Відповідна таблиця має вигляд, поданий на рис. 2.

На цьому ж рисунку показана колова траєкторія супутника – графік залежності  $y=y(x)$ .



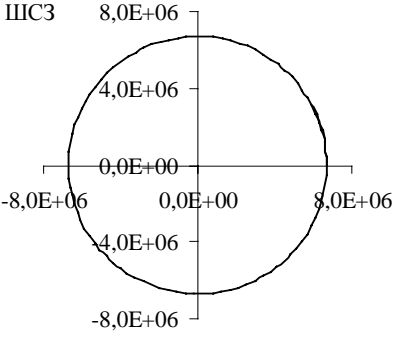
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	$a_{2x}$	$a_{2y}$	$v_{2x}$	$v_{2y}$	$x_2$	$y_2$	Дано:	ШСЗ	
2	-8,88	0,00	0	7714	6,70E+06	0,00E+00	$G=$	6,672E-11	
3	-8,86	-0,61					$\Delta t=$	60	
4	-8,80	-1,22						$m_1=$	5,976E+24
5	-8,69	-1,83						$m_2=$	1,000E+03
6	-8,54	-2,42						$r=$	6,700E+06
7	-8,36	-3,01						$v_{2x}(0)=$	0
8	-8,13	-3,58						$v_{2y}(0)=$	7,71E+03
9	-7,86	-4,13						$x_2(0)=$	6,700E+06
10	-7,56	-4,66						$y_2(0)=$	0
11	-7,21	-5,17							
12	-6,84	-5,66							
...	...	...		...	...	...	...		

Рис. 2.

Ключові комірки цієї таблиці мають такий вміст:

комірка	формули / числа	примітка
H7	=0	
H8	=(H2*H4/H6)^0,5	
H9	=H6	
H10	=0	
A2	=-H\$2*H\$4*E2/((E2)^2+(F2)^2)^1,5	копіювати в A3 і A4 копіювати в B3 і B4
B2	=-H\$2*H\$4*E2/((E2)^2+(F2)^2)^1,5	
C2	=H\$7	
D2	=H\$8	
E2	=H\$9	
F2	=H\$10	
C3	=C2+A2*H\$3*0,5	
D3	=D2+B2*H\$3*0,5	
E3	=E2+C3*H\$3	копіювати в E4 копіювати в F4
F3	=F2+D3*H\$3	
C4	=C3+A3*H\$3	
D4	=D3+B3*H\$3	

*Порядок роботи.*

1. Спочатку заповнюються комірки H2–H6.
2. Далі слід заповнити комірки згідно наведеної вище таблиці.

- Після цього всі формули 4-го рядка (від А4 по F4) копіюються у наступні до 100-го включно.
- Маючи заповнену таблицю, будемо графік за даними стовпців Е та F.

Якщо в момент виходу на орбіту швидкість супутника  $v_{2y}(0)$  задовольнятиме нерівності  $v_{нк} < v_{2y}(0) < \sqrt{2} v_{нк}$ , то, як відомо з курсу фізики, він рухатиметься по еліптичній орбіті.

	A	B	C	D	E	F	G	H				
1	$a_{2x}$	$a_{2y}$	$v_{2x}$	$v_{2y}$	$x_2$	$y_2$	Дано:	ШСЗ				
2	-8,88	0,00	0	9257	6,70E+06	0,00E+00	$G=$	6,672E-11				
3	-8,83					5,55E+05	$\Delta t=$	60				
4	-8,69					1,11E+06	$m_1=$	5,976E+24				
5	-8,45					1,66E+06	$m_2=$	1,000E+03				
6	-8,14					2,20E+06	$r=$	6,700E+06				
7	-7,75					2,73E+06	$v_{2x}(0)=$	0				
8	-7,31					3,24E+06	$v_{2y}(0)=$	9,26E+03				
9	-6,82					3,75E+06	$x_2(0)=$	6,700E+06				
10	-6,31					4,24E+06	$y_2(0)=$	0				
11	-5,79					4,71E+06						
...	...					...	...	...	...	...		

Рис. 3.

Продовжимо обчислювальний експеримент і збільшимо попереднє значення  $v_{2y}(0)$  в 1,2 рази. Щоб не виконувати обчислень, відредагуємо формулу, введenu раніше в комірку Н8. А саме :  $= (H2*N4/H6)^{0,5}*1,2$ . Результат показано на рис. 3.

Надаючи, нарешті, початковій швидкості значення  $v_{2y}(0) = \sqrt{2} v_{нк}$  (тобто вводячи до Н8 нового множника  $= H2*N4/H6)^{0,5}*2^{0,5}$ ), одержуємо параболічну траєкторію (рис. 4):

*Завдання 1.* Змоделюйте рух Землі навколо Сонця, змінивши потрібним чином вміст відповідних комірок стовпця Н.

*Завдання 2.* Змоделюйте рух комети Галлея.

*Завдання 3.* За якою ознакою всі розглянуті моделі можна об'єднати в одну групу?

*Примітки.*

Виконання першого з цих завдань має здебільшого репро-

дуктивний характер, оскільки орбіта Землі з високим ступенем наближення може вважатися коловою.

	A	B	C	D	E	F	G	H				
1	$a_{2x}$	$a_{2y}$	$v_{2x}$	$v_{2y}$	$x_2$	$y_2$	Дано:	ШСЗ				
2	-8,88	0,00	0	10800	6,70E+06	0,00E+00	$G=$	6,672E-11				
3	-8,80					6,48E+05	$\Delta t=$	60				
4	-8,56					1,29E+06	$m_1=$	5,976E+24				
5	-8,18					1,93E+06	$m_2=$	1,000E+03				
6	-7,69					2,56E+06	$r=$	6,700E+06				
7	-7,12					3,18E+06	$v_{2x}(0)=$	0				
8	-6,50					3,79E+06	$v_{2y}(0)=$	1,08E+04				
9	-5,87					4,38E+06	$x_2(0)=$	6,700E+06				
10	-5,23					4,96E+06	$y_2(0)=$	0				
11	-4,62					5,52E+06						
...	...					...	...	...	...	...		

Рис. 4.

Друге завдання від самого початку передбачає еліптичну орбіту; воно потребує творчого підходу і прийняття певних самостійних рішень (зокрема, стосовно початкових значень параметрів кометної орбіти, збільшення часу моделювання тощо). Не виключено, що воно може спричинити необхідність проведення додаткових обчислювальних експериментів.

Останнє завдання спрямоване на актуалізацію таких мислительних операцій, як аналіз, синтез, конкретизація й узагальнення, завдяки яким учні мають сформулювати коротку відповідь:  $m_{\text{супутн}} \gg m_{\text{пл}}$ . Усвідомлення цього факту є логічною передумовою переходу до наступного питання.

## 2. Рух природного супутника планети та компонентів системи «подвійна зірка»

### Фізичний аналіз задачі

Природні супутники планет мають маси, якими не завжди можна нехтувати в порівнянні з масами самих планет, моделювання руху таких супутників є більш складною задачею. Знов почнемо аналіз із найпростішого випадку.

*Припущення 4.* Нехай тіла масами  $m_1$  і  $m_2$  рухаються по колових орбітах з радіусами  $r_1$  і  $r_2$  і відстань  $R$  між ними під час

руху не змінюється (рис. 5).

1. Обидва ці тіла – центральне  $m_1$  і супутник  $m_2$  – обертаються навколо нерухомої точки  $C$  – їхнього спільного центра мас. При цьому вони весь час знаходяться на одній прямій, що сполучає тіла і проходить через точку  $C$ , яка ділить відстань  $R$  між тілами на відрізки  $r_1$  і  $r_2$  у відношенні  $\frac{r_1}{r_2} = \frac{m_2}{m_1}$ , звідки

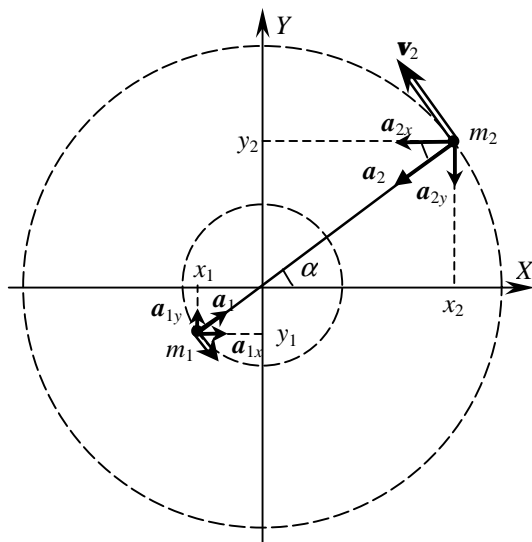


Рис. 5.

$$r_1 = \frac{R}{1 + \frac{m_1}{m_2}}; \quad r_2 = \frac{R}{1 + \frac{m_2}{m_1}}.$$

Переходячи до проєкцій, маємо для моменту часу  $t=0$ :

$$x_1(0) = -\frac{R}{1 + \frac{m_1}{m_2}}; \quad x_2(0) = \frac{R}{1 + \frac{m_2}{m_1}}, \quad (5)$$

де  $x_1, x_2$  – координати тіл у системі відліку, пов'язаній із центром мас.

2. Певних уточнень вимагають також вирази для прискорень. Сила тяжіння надає прискорень обом тілам:

$$\frac{Gm_1m_2}{R^2} = m_1a_1 = m_2a_2, \text{ звідки}$$

$$a_1 = \frac{Gm_2}{R^2}; \quad a_2 = \frac{Gm_1}{R^2}.$$

Для моменту часу  $t=0$  одержуємо:

$$a_{1x}(0) = \frac{Gm_2x_1(0)}{R^3}; \quad a_{1y}(0) = \frac{Gm_2y_1(0)}{R^3};$$

$$a_{2x}(0) = -\frac{Gm_1x_2(0)}{R^3}; \quad a_{2y}(0) = -\frac{Gm_1y_2(0)}{R^3}.$$

В загальному випадку (для будь-якого моменту часу) з урахуванням можливості зміни відстані між тілами (наприклад, при русі тіл по еліптичних траєкторіях) вирази (6) набувають вигляду:

$$a_{1x} = \frac{Gm_2(x_2 - x_1)}{\left(\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}\right)^3}; \quad a_{1y} = \frac{Gm_2(y_2 - y_1)}{\left(\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}\right)^3};$$

$$a_{2x} = -\frac{Gm_1(x_2 - x_1)}{\left(\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}\right)^3}; \quad a_{2y} = -\frac{Gm_1(y_2 - y_1)}{\left(\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}\right)^3},$$

де  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$  – відповідно координати першого та другого тіл, а  $\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$  – відстань між ними в довільний момент часу.

В задачі про штучний супутник ми вже бачили, що вигляд траєкторій руху тіл визначається початковими умовами, і зокрема, початковими швидкостями  $\mathbf{v}_{1y}(0)$  і  $\mathbf{v}_{2y}(0)$ . Оскільки розглядається рух тіл по колових орбітах, то  $\mathbf{v}_{2y}(0) = \sqrt{\frac{Gm_1}{R}}$ .

Знаходячись весь час на одній прямій, обидва тіла мають однакові періоди обертання  $T_1 = T_2$ . Але  $T_1 = \frac{2\pi r_1}{v_1}$  і  $T_2 = \frac{2\pi r_2}{v_2}$ , звідки  $\frac{v_2}{v_1} = \frac{r_1}{r_2}$ ,

що в проєкціях на вісь  $Y$  дає  $\frac{v_{2y}(0)}{v_{1y}(0)} = \frac{x_1(0)}{x_2(0)}$ . Остаточно маємо:

$$\mathbf{v}_{1y}(0) = \mathbf{v}_{2y}(0) \frac{\mathbf{x}_1(0)}{\mathbf{x}_2(0)}.$$

### Обговорення алгоритму

Оскільки тепер розглядається рух двох тіл, то виникає не-

обхідність у збільшенні вдвічі кількості змінних (а отже, й стовпців таблиці). Розподілимо їх у такий спосіб:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	$a_{1x}$	$a_{1y}$	$a_{2x}$	$a_{2y}$	$v_{1x}$	$v_{1y}$	$v_{2x}$	$v_{2y}$	$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$	Дано:	Значення
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Крім того, вимагає збільшення й кількість рядків (до 300), тому що помітно зростає період обертання компонентів системи, а просте збільшення інтервалу  $\Delta t$  при попередніх 100 рядках таблиці вже не забезпечує необхідної точності обчислень.

Вміст копірок цієї таблиці:

комір ки	формули / числа	коментарі
N7	0	
N8	=N10*N11/N13	
N9	0	
N10	=(N2*N4*N13)^0,5/N6	
N11	=-N6/(1+N4/N5)	
N12	0	
N13	=N6/(1+N5/N4)	
N14	0	
A2	=\$N\$2*\$N\$5*(K2-I2)/((I2-K2)^2+(J2-L2)^2)^1,5	копіювати в A3, A4
B2	=\$N\$2*\$N\$5*(L2-J2)/((I2-K2)^2+(J2-L2)^2)^1,5	копіювати в B3, B4
C2	=\$N\$2*\$N\$4*(I2-K2)/((I2-K2)^2+(J2-L2)^2)^1,5	копіювати в C3, C4
D2	=\$N\$2*\$N\$4*(J2-L2)/((I2-K2)^2+(J2-L2)^2)^1,5	копіювати в D3, D4
E2	=\$N\$7	
F2	=\$N\$8	
G2	=\$N\$9	
H2	=\$N\$10	
I2	=\$N\$11	
J2	=\$N\$12	
K2	=\$N\$13	
L2	=\$N\$14	
E3	=E2+A2*\$N\$3*0,5	
F3	=F2+B2*\$N\$3*0,5	
G3	=G2+C2*\$N\$3*0,5	
H3	=H2+D2*\$N\$3*0,5	

коміркі	формули / числа	коментарі
I3	=I2+E3*\$N\$3	копіювати в I4
J3	=J2+F3*\$N\$3	копіювати в J4
K3	=K2+G3*\$N\$3	копіювати в K4
L3	=L2+H3*\$N\$3	копіювати в L4
E4	=E3+A3*\$N\$3	
F4	=F3+B3*\$N\$3	
G4	=G3+C3*\$N\$3	
H4	=H3+D3*\$N\$3	

### Порядок роботи.

1. Заповнити комірки N2–N6 у відповідності до даних задачі.
2. Заповнити комірки за наведеною вище таблицею.
3. Всі формули 4-го рядка копіювати у наступні до 300-го включно.
4. Побудувати графіки за даними стовпців I, J, K, L.

*Увага!* Виконання цього пункту виявиться успішним, якщо правильно відкоригувати ряди даних.

### Обчислювальний експеримент

**Задача 1.** Відомо, що маса Місяця ( $m_2$ ) у 81 раз менша за масу Землі ( $m_1$ ). Приймаючи відстань  $R$  між центрами цих тіл рівною 380 тис. км ( $3,8 \cdot 10^8$  м), змоделювати рух Місяця й Землі.

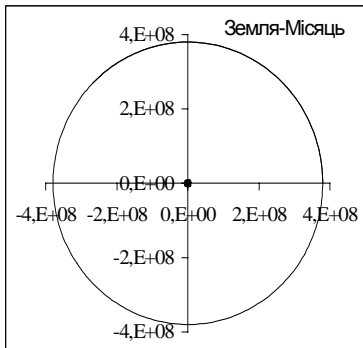


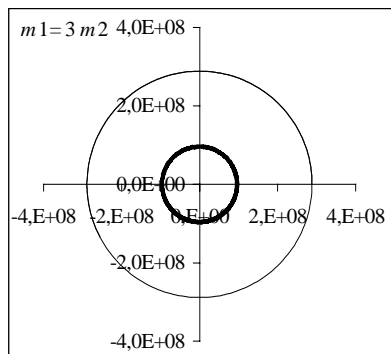
Рис. 6.

Жирна «точка» в центрі рис. 6 в дійсності є маленьким колом. Це орбіта Землі. Тут видно, що її центр знаходиться трохи лівіше від точки перетину осей – центра мас системи.

**Завдання 3.** Переконайтесь, що дана модель містить у собі

1. Уведемо ці дані до таблиці: комірка N4 =  $5,98 \cdot 10^{24}$ ; комірка N5 =  $5,98 \cdot 10^{24} / 81$  (скопіюємо значення N4 як значення  $m_2$  і поділимо його на 81); комірка N6 =  $3,8E+08$ ; комірка N3 =  $8,64E+04$  (1 доба в секундах).
2. Побудуємо графіки  $y_1 = y_1(x_1)$  і  $y_2 = y_2(x_2)$  – траєкторії руху (рис. 6).

попередню (про рух штучного супутника), якщо перейти до попередніх умов.



*Завдання 4.* Самостійно розв'яжіть задачу.

*Задача 2.* Якби на місці Місяця знаходилась планета з масою, утричі меншою за масу Землі, то який вигляд мали б орбіти цих тіл?

Результат подано на рис. 7.

Рис. 7.

Таким чином, ми безпосередньо підійшли до моделювання руху компонентів у системах, що зветься фізично подвійними зірками. Вони складаються з двох зірок, об'єднаних силами тяжіння, і обертаються по еліптичних орбітах навколо спільно центра мас. Зрозуміло, що остання модель передбачає такі об'єкти. Проте ми вважаємо корисним перехід від одиниць СІ до інших, які є вживаними в зоряній астрономії: одиниця маси дорівнює масі Сонця  $1 M_{\odot} = 1,99 \cdot 10^{30}$  кг, одиниця довжини (парсек)  $1 \text{ пк} = 3,08 \cdot 10^{14}$  м, одиницю часу приймемо рівною 1 земному року  $- 3,15 \cdot 10^7$  с. Згаданий перехід фактично стосується визначення числового значення розмірного коефіцієнта  $G$  у законі всесвітнього тяжіння. Така вправа, на нашу думку, є корисною для учнів, оскільки розкриває зміст часто вживаної фрази: «Числове значення цього коефіцієнта залежить від вибору системи одиниць».

Пропонуємо учням пригадати, у який спосіб виконують подібні операції. В разі утруднення надаємо допомогу:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11}$$



$$= \frac{\left(\frac{1}{3,08 \cdot 10^{14}}\right)^3 \text{пк}^3}{\left(\frac{1}{1,99 \cdot 10^{30}}\right) M_{\text{C}} \cdot \left(\frac{1}{3,15 \cdot 10^7}\right)^2 \text{рік}^2}.$$

Остаточно маємо  $G=67,6 \frac{\text{пк}^3}{M_{\text{C}} \cdot \text{рік}^2}$ .

Після виконання наведених перетворень пропонуємо розв'язати задачу:

**Задача 3.** Змодельувати орбіти компонентів системи подвійної зірки за умови, що до її складу входять зірки з масами  $1 M_{\text{C}}$  та  $3 M_{\text{C}}$ , розташовані на відстані  $0,5$  пк.

Пропонуючи учням виконати моделювання у новій системі одиниць, уточнюємо разом з ними вміст комірок N2–N6:

- комірка N2 =67,6;
- комірка N3 = $4,5 \cdot 10^{-4}$ ;
- комірка N4 =3;
- комірка N5 =1;
- комірка N6 =0,5.

За умови, що  $v_{2y}(0)$  – вміст комірки N10 – дорівнює числовому значенню швидкості, яка забезпечує рух по коловій орбіті і для штучних супутників має назву «перша космічна», матимемо вже знайомий результат з коловими орбітами (рис. 8), а у випадку її збільшення в  $1,25$  рази з одночасним збільшенням  $\Delta t$  (комірка N3) до  $2 \cdot 10^{-4}$  орбіти будуть еліптичними (рис. 9).

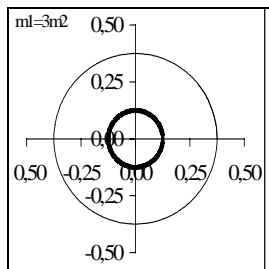


Рис. 8.

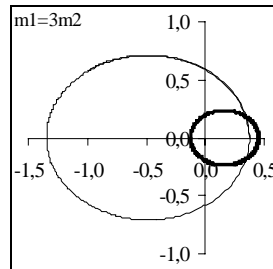


Рис. 9

**Зауваження.** Моделювання за допомогою 300-рядкової таблиці декількох обертів системи подвійної зірки є недоцільним,

оскільки похибка обчислень у цьому випадку призводить до хибних висновків про поведінку системи. Для одержання достатньої точності обчислень необхідно було б збільшити кількість рядків мінімум на порядок з відповідним зменшенням проміжку  $\Delta t$ . У [3] показано, що у цьому випадку доцільним є перехід від електронних таблиць до іншого середовища моделювання.

#### Література:

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1967. – Т. 1. – 267 с.
2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения с ответами и решениями. – М.: Мир, 1969. – 624 с.
3. Кабардин О.Ф. и др. Факультативный курс физики. 8 кл.: Пособие для учащихся. – М.: Просвещение, 1973. – 206 с.
4. Соловйов В.М., Семеріков С.О., Теплицький І.О. Інструментальне забезпечення курсу комп'ютерного моделювання // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2000. – №2. – С. 28–32.
5. Теплицький І.О. Застосування електронних таблиць на уроках фізики // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №2.
6. Теплицький І.О. Комп'ютерне моделювання в школі як засіб розвитку творчого мислення учнів // Рідна школа. – 2000. – №9. – С. 63–66.

# ВИКОРИСТАННЯ БІОФІЗИКИ ТА ІНФОРМАТИКИ ДЛЯ РАННЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ЯКОСТІ ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ЛІКАРІВ

В.Ф. Ушаков

м. Дніпропетровськ, Дніпропетровська державна медична академія

Рівень та якість медичного обслуговування населення у ХХІ сторіччі все більше буде залежать від об'єму та ефективності використання сучасних високотехнічних технологій діагностики та лікування: комп'ютерної рентгенівської томографії, ЯМР-інтроскопії, доплерехографії, різноманітних інформаційних технологій і т.п. В той же час рівень технічної та інформаційної підготовки випускників вищих медичних закладів і лікарів традиційно залишається низьким. Це негативно впливає на конкурентну спроможність як закладів вищої освіти та охорони здоров'я, так і особисто лікарів-українців на всесвітньому ринку медичного обслуговування.

Причинами такого становища у системі вищої медичної освіти на наш погляд є:

- недостатність розуміння важливості у освітньо-професійній підготовці лікарів засвоєння фундаментальних принципів, на яких базується використання високих технологій у медицині, що обумовлює наступне;
- мала кількість академічних годин, відведених для викладання відповідних дисциплін (біофізика, медична інформатика, медична апаратура), та недостаток оснащення сучасним обладнанням учбових лабораторій;
- значне зниження в останні роки рівня підготовки по фундаментальним дисциплінам (фізика, математика) у випускників загальноосвітньої школи, особливо у тих, які поступають у вищі учбові заклади на контрактній основі.

Третя причина є найбільш важкою та небезпечною з точки зору підготовки висококваліфікованого лікаря, здібного повноцінно використовувати складні сучасні технології. Відсутність достатньої підготовки по фундаментальним негуманітарним дисциплінам є ознакою низької розвитку логічного, фор-

малізованого мислення, без якого людина не спроможна оволодіти об'ємом складних знань, які необхідні для сучасної вищої освіти.

Прийняття таких студентів на контрактній основі із зниженням вимог по фундаментальній дисципліні (без вступного іспиту з фізики) створює умови для можливості не витратити зусилля на край необхідне для вищої освіти розвиток формалізованого мислення. У свою чергу це приводить до зниження академічних вимог у процесі навчання на першому курсі і в кінці кінців до зниження загального рівня підготовки лікарів в Україні.

Для зменшення впливу перелічених негативних явищ на процес підготовки майбутніх лікарів нам здаються раціональними такі заходи:

- проводити своєчасну (ще до початку занять у вищому навчальному закладі) ранню діагностику рівня спроможності до високоякісної освітньо-професійної підготовки, заснованої на перевірці знань та здібностей до засвоєння фундаментальних дисциплін (вступний іспит з фізики та психолого-фізіологічне тестування);

- проводити послідовну інтеграцію викладання медичної інформатики, медичної апаратури та біофізики на основі викладання єдиного предмета цих дисциплін – інформаційних та біофізичних основ сучасних методів діагностики, профілактики та лікування, а не викладання основ біофізики та інформатики;

- поступово збільшити кількість годин на викладання медінформатики, біофізики та медапаратури;

- ввести на старших курсах факультативно дисципліну: “Використання високих інформаційних технологій в медицині”.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ В ВЫСШЕМ МЕДИЦИНСКОМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

В.Ф. Ушаков, О.И. Иванова

г. Днепропетровск, Днепропетровская государственная  
медицинская академия

Внедрение во все области деятельности мощных информационных технологий требует от современного специалиста хорошо развитых способностей к овладению все большим количеством профессиональной информации. Поэтому система среднего и высшего специального образования должна подготовить будущего специалиста к наиболее рациональному и продуктивному освоению новых знаний, их систематизации, запоминанию и эффективному использованию. Удовлетворительный результат такой подготовки возможен только в том случае, если у выпускника высшей школы будет хорошо развито формализованное, абстрактное, упорядоченное мышление, основанное на устойчивом умении пользования формализованными моделями явлений, встречающихся на практике.

Специалисту со стохастическим, “лоскутным” образованием, представляющим совокупность большого числа разнообразных сведений, трудно ориентироваться в непрерывно меняющихся потоках специальной информации. В конечном счете, уровень специализированного интеллектуального развития, уровень профессиональной образованности определяется не только и не столько количеством профессиональной информации, которую помнит специалист, а умением непрерывно систематизировать, упорядочивать эту информацию в его собственном интеллектуальном пространстве.

Базовые медицинские науки и клинические дисциплины очень слабо (лишь вербально) формализованы и потому мало способствуют развитию интеллектуальных способностей к формализованному, модельному, абстрактному мышлению. Скорее наоборот эти дисциплины существенно затормаживают естественный процесс развития формирующегося интеллекта.

Из вышеизложенного вытекает сверхважность обучения

умению распознавать, оценивать, овладевать и использовать абстрактные модели с помощью хорошо формализованных областей знания – физики, биофизики, математики, информатики. У человека нет другого способа мышления, как только манипулирование абстрактными понятиями – моделями окружающих объектов и явлений. С этой точки зрения обучение физике в системе среднего и высшего образования имеет самое важное, фундаментальное значение в заложении основ, развитии и становлении интеллектуальных способностей специалистов.

Как это не парадоксально, но изучение физики имеет гораздо большее значение для нефизических и нетехнических специальностей (например, медицинских), поскольку это единственная из преподаваемых дисциплин, в рамках которой учащиеся и студенты изучают и овладевают наиболее ясными формализованными моделями естественных процессов, знакомятся со способами абстрактного моделирования явлений природы (в частности, математического моделирования), овладевают навыками пользования научными моделями (знаниями) на простейших практических примерах, приобретают специальные навыки запоминания хорошо упорядоченной научной информации. Это означает, что изучение физики позволяет создать базу для развития способностей к научному мышлению, т.е. создать основу для овладения специализированными профессиональными знаниями.

Преподавание биофизики в медицинском учебном заведении, несомненно, должно быть подчинено требованиям, предъявляемым к образовательно-профессиональной подготовке врачей по специальностям: лечебное дело, медико-профилактическое дело, стоматология, клиническая фармакология и т.п. В рамках созданной на нашей кафедре теоретической концепции преподавания биофизики и информатики в медицинском вузе максимальная профориентация курса может быть достигнута путем смещения акцентов от изложения основ биофизики и информатики на преподавание биофизических и информационных основ современных методов диагностики и лечения. При этом используются хорошо апробированные конкретные учебно-методические приемы:

- 1) тщательная разработка и ежегодное усовершенствование опорных конспектов лекций;

2) последовательное поэтапное формирование знаний с использованием информации из смежных предметов: биологии, математики, физиологии, химии;

3) постоянное использование тестов при исходном, промежуточном и выходном контролях знаний;

4) широкое использование иллюстративного материала (слайдов);

5) выработка навыков и увеличение доли самостоятельного обучения, например, составление рефератов по актуальным вопросам современных методов диагностики и лечения с последующими докладами лучших работ на студенческой конференции.

Сознательное и целенаправленное использование разработанной на кафедре теоретической концепции преподавания биофизики и информатики в медицинском вузе с применением современных методических приемов позволяет в существующих условиях с максимальным эффектом формировать у студентов уже начальных курсов специализированную интеллектуальную основу для освоения профильных дисциплин.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ НА ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ ВЫСШЕГО МЕДИЦИНСКОГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ**

В.Ф. Ушаков, О.И. Иванова, О.З. Фоменко, Т.А. Киселева  
г. Днепропетровск, Днепропетровская государственная  
медицинская академия

В Днепропетровской государственной медицинской академии в течение ряда последних лет успешно используется вступительный экзамен по физике для отбора наиболее интеллектуально подготовленных абитуриентов. Окончательный отбор в наибольшей степени зависит от результатов экзамена по физике, что полностью соответствует фундаментальной роли этой дисциплины в системе среднего и высшего образования, как основного средства для выработки навыков формализованного мышления, создания интеллектуального уровня, достаточного для восприятия высшего образования.

Роль экзамена по физике как интеллектуального фильтра с каждым годом возрастает в связи с двумя опасными для системы высшего образования современными тенденциями: устойчивого постепенного ухудшения качества среднего образования и увеличения количества студентов, принимаемых на контрактной основе. Опасения подтверждаются проведенными нами ранее исследованиями взаимосвязи академической успеваемости и психологических показателей у студентов бюджетных и контрактных групп первого курса нашей академии [1].

Была обнаружена корреляция результатов психологического тестирования (уровня интеллектуального развития, интеллектуальной лабильности, силы нервной системы) с академической успеваемостью по 4 дисциплинам и значительное отставание академической успеваемости и психологических показателей у студентов контрактных групп по сравнению со студентами бюджетных групп. Нужно учесть, что при поступлении в ДГМА только абитуриенты, поступающие на бюджетной основе, сдают вступительный экзамен по физике, т.е. отбираются по степени развитости формализованного мышления.

В сложившейся ситуации первостепенную роль в процессе



подготовки и отбора наиболее одаренной, интеллектуально подготовленной к занятиям в высшей школе молодежи становится работа с абитуриентами на подготовительном отделении. Необходимо тщательная и глубокая разработка специальных методических приемов, направленных не только на запоминание законов физики и умение их применять в конкретных примерах, но, в основном, на создание навыков работы с абстрактными моделями объектов и явлений, развитие интеллектуальных способностей.

Как правило, контингент слушателей подготовительного отделения очень разнообразен и часто включает слабо образованную молодежь с плохими формализованными навыками, с незнанием простейших математических преобразований, с плохо развитой памятью, не пониманием задач обучения, не умением сформулировать ни свои, ни чужие мысли в связные предложения. В основном это очень аморфный, сырой педагогический материал.

Многолетняя практика работы с таким контингентом привела к четко регламентированной, поэтапной и разно-уровневой системе преподавания на нашем подготовительном отделении. Базисом применяемой методологии является разработанное сотрудниками кафедры биофизики, информатики и медаппаратуры пособие по физике для абитуриентов, поступающих в нашу академию.

В пособии весь материал, содержащийся в программе по физике для поступающих в вузы Украины, разбит на 10 разделов. В начале каждого раздела приведены основные теоретические сведения в предельно концентрированной и легко усваиваемой форме, достаточные для работы с тестами. Каждый раздел снабжен 60 оригинальными тестами трех уровней сложности. В тексте пособия тесты расположены по возрастающей сложности.

Все тесты многократно апробированы при подготовке к вступительному экзамену нескольких поколений абитуриентов, перекрывают большое разнообразие типов тестов, позволяют постепенно развивать навыки работы с формализованными физическими моделями возрастающей сложности. Тесты первого уровня, прорабатываемые сначала, направлены на проверку простейшего механического запоминания определений физических

величин, законов, основных положений, формул и единиц измерения. Последующая работа с тестами второго уровня позволяет выработать навыки несложного (в одну, две операции) манипулирования основными понятиями. В завершение абитуриент пытается преодолеть короткие, но трудные для слабо формализованного интеллекта тесты третьего уровня, требующие глубокого проникновения в существо формальных моделей, развитых способностей к анализу, манипулированию несколькими понятиями с начальными элементами творческого мышления.

Многие абитуриенты в последние годы плохо знакомы с элементарной математикой, что свидетельствует об очень слабом развитии интеллектуальных способностей, о плохой организации, запущенности школьного процесса, не понимании важности хотя бы средних способностей к абстрактному мышлению для получения высшего образования. Поэтому нам пришлось создать специальное пособие по элементарной математике, в которое внесены все сведения и необходимые упражнения для овладения разделами математики, без которых невозможно овладеть школьным курсом физики: действия с дробями и степенями, равенства, уравнения первой и второй степеней, функции, графики, операции с векторами и т.п.

При работе над конкретным разделом физики после проработки материалов по пособию проводится обязательное контрольное тестирование с помощью специально сконструированных для этой цели дополнительных тестов трех уровней сложности, которые соответствуют трем уровням сложности экзаменационных тестов. Таким образом, проводится поэтапная непрерывная диагностика состояния и развития интеллекта каждого слушателя, оценка уровня его подготовленности к вступительным экзаменам и занятиям в высшей школе.

Для облегчения процесса выработки самостоятельных навыков работы с формализованными моделями мы разрабатываем специализированные алгоритмы для получения ответов на конкретные типы тестов. Полезным также является акцентирование внимания слушателей на рассматриваемом явлении с помощью примеров, которые, на первый взгляд, парадоксальны с точки зрения житейского здравого смысла. Например, тормозной путь не зависит от скорости автомобиля, скорость нижней точки ко-

леса у движущегося автомобиля равна нулю относительно земли и т.п.

Совокупность разнообразных методических приемов, целенаправленная, поэтапная работа по развитию устойчивых навыков работы с теоретическим материалом и тестами возрастающей сложности позволяют в течение одного учебного года существенно поднять уровень интеллектуального развития абитуриентов, поступающих в Днепропетровскую медицинскую академию. Об этом свидетельствуют не только успешные результаты слушателей подготовительного отделения на вступительных экзаменах, но и результаты психологического тестирования студентов первого курса нашей академии. Среди студентов, прошедших вступительный экзамен по физике, только 8,4% имеют низкий уровень психологических интеллектуальных характеристик, среди студентов-контрактников, не сдававших вступительный экзамен по физике, этот показатель – 26% (1).

#### Литература

1. Ушаков В.Ф., Канюка Г.С., Губар І.О., Поливода В.В. Взаємозв'язки академічної успішності і психологічних показників у студентів бюджетних та контрактних груп. // Тези доп. української науково-методичної конференції “Актуальні проблеми підготовки медичних та фармацевтичних кадрів України”. – Київ-Харків, 1995. – С.54-55.

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ДІАЛОГОВОГО ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ

В.І. Цоцко

м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський державний аграрний  
університет

В останні роки в студентському середовищі, зокрема серед студентів Дніпропетровського агроуніверситету, відмічається постійне зниження інтересу до вивчення фундаментальних природничих дисциплін, в першу чергу до фізики. Лише в останній рік-два спостерігається деяке гальмування цього процесу, але ще не зупинка його. Вказана тенденція бере свої витoki з шкільного навчання. В умовах спаду виробництва, зниження витрат на наукові дослідження і технічні розробки молоді люди не бачать перспективи свого професійного становлення в прямій чи непрямій залежності від ступеня оволодіння фізикою. Вчителі не мають мінімальних умов для належного рівня викладання та самовдосконалення. В школі майже зникли серйозні іспити з фізики і талановита молодь приходить в університети практично не готовою до сприйняття наступного, більш глибокого пласту знань найдревнішої науки про природу. Доводиться починати з повторення базових фізичних понять і закономірностей, щоб рухатись далі. Проте годин на це не передбачено, більш того, час, відведений на викладання фізики і біофізики, скорочений до мінімуму. Так на агрономічному факультеті ДДАУ на курс біофізики (курсу фізики немає взагалі) дається 20 лекційних годин і 40 год. на лабораторно-практичні заняття.

Таким чином, основна проблема при вивченні фізики в середній та вищій школі – це проблема мотивації. Вказане питання має економічне підґрунтя і одночасно його не здолаєш. Супутня проблема – зменшення об'єму годин, відведених на вивчення фізики у вищій школі, – може бути вирішена шляхом впровадження більш виразних форм навчання. Наприклад насиченням занять демонстраційними дослідами, використанням для демонстрацій комп'ютерних технологій і т.і. Цікавим, на наш погляд, є введення в канву заняття «художніх пауз», коли для підсилення враження від абстрактно-логічної дії матеріалу і емоційної роз-

рядки вводиться поетична чи музична вставка, світловий ефект.

Пропонується діалогова форма проведення занять з фізики, коли в занятті беруть участь два викладачі, які, періодично змінюючи один одного, подають матеріал, вступають в діалог, ведуть полеміку, уточнюють і доповнюють попередній виступ. Метод колективної творчості давно апробований і реалізований в науці, мистецтві, літературі. Можна привести довгий список «монографій», в написанні яких приймала участь група авторів, художні твори, створені колегіально, наприклад знаменитий роман Ільфа і Петрова, естрадні мініатюри Штепселя і Тарапуньки, популярну серію книг Є. Айсберга з пізнавальним діалогом між Знайком та Незнайком.

Ідея діалогової форми занять виникла в результаті появи та набуття популярності парного коментарю спортивних змагань, який підняв виразність спортивного видовища на порядок. Постало питання, чому б не використати викладацький діалог для підвищення інтересу до занять.

Вказана форма викладання має ряд особливостей.

1. Відбувається інтенсифікація процесу навчання. Формується більш насичений інформаційний та емоційний потік від викладача до студентів.
2. Легко генеруються проблемні ситуації в контексті матеріалу. Оponent не зв'язаний логічною канвою заняття і може вільно формувати дотепні запитання та цікаві приклади.
3. Відбувається всесторонній аналіз матеріалу, ведеться професіональний, суттєвий діалог. Студенти, як правило, не сприймають глибоко матеріал сходу, вони зосереджені на його формі, а опонентом, в ролі якого може бути і колега-викладач, і запрошений спеціаліст з виробництва, відмічаються самі істотні моменти теми.
4. Не втрачається час на організацію запитань і уточнень. Оponentом формується оперативний відбиток наданої інформації.
5. Практично зводиться нанівець можливість появи помилок та промахів у викладеному матеріалі, вони миттєво висвітлюються і виправляються.
6. В процесі показової дискусії стимулюються творчі здібності студентів, оскільки їм подається не тільки систематизоване

канонічне знання, але й процес його зміни, розвитку.

7. В діалоговій формі занять моделюється конкуренція форм подачі матеріалу, відбувається реальний процес удосконалення викладання.

«Що нудніше всього на світі?» – на це запитання найчастіше студенти відповідають, що лекція. Академічній сухості, концептуальній монотонності просто необхідний розрив, порівняння, критика. Педагогічний досвід підказує, що матеріал найкраще розуміється при скептичному його сприйнятті, в діалозі.

Моделювався діалоговий фрагмент оглядової лекції на тему: «Теплові явища». Два викладачі розділили свої функції наступним чином: один - формував логічно ув'язаний матеріал з позиції термодинаміки, другий – давав статистичне тлумачення відповідних понять (температури, ентропії, внутрішньої енергії і ін.). Кожний мав час на технічну та емоційну підготовку свого фрагменту. Відбувався обмін репліками. Відмічались переваги та недоліки кожного способу опису теплової форми руху.

На лабораторних заняттях моделювались діалогові фрагменти в непрямій формі, коли під керівництвом різних викладачів, при виконанні студентськими мікрогрупами однотипних лабораторних робіт, порівнювалась якість результатів вимірювання і швидкість їх одержання та обробки.

На практичних заняттях діалог формувався навколо пошуку оптимального шляху розв'язання задачі, аналізу одержаних значень фізичних величин і їх порівняння з реальними даними. Почергова зміна «ведучого» викладача і «відновлювальні» паузи для нього різко підвищили інтенсивність заняття, значно зросла кількість розглянутих задач та якість їх розв'язання.

Звичайно, діалогова форма викладання потребує участі кількох викладачів, і в цьому вона є більш затратною, але заради підвищення виразності, цікавості, насиченості заняття, вона того варта. Форма бесіди, дотепної та гострої, значно розширює діапазон логічних переходів, асоціацій, образів і надає більшої свободи дій в процесі викладання.

## **ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ С УЧЕТОМ НЕОДИНАКОВОЙ ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ**

А.Н. Шабалин, И.В. Вах

г. Севастополь, Севастопольский институт ядерной энергии и промышленности

Авария на ЧАЭС заставила специалистов во всем мире еще раз критически рассмотреть меры по обеспечению безопасности работы АЭС и охраны окружающей среды. Причины, вызвавшие аварию, по заключению экспертов, связаны, в том числе, и с ошибками персонала. Поэтому для Севастопольского института ядерной энергии и промышленности (СИЯЭиП) качество подготовки выпускников является решающим. К сожалению, нельзя сказать, что все поступившие в институт молодые люди одинаково хорошо подготовлены к восприятию того огромного, связанного и с математикой, и с философией, и с современной техникой, материала курса общей физики и ядерной и нейтронной физики (ЯНФ), читаемых на кафедре физики СИЯЭиП. После двух лет обучения все студенты (в идеале) должны быть одинаково хорошо готовы (и по сумме знаний, и психологически) к восприятию специальных дисциплин. Перед преподавателями кафедры стоит достаточно трудная, но, в большинстве случаев, решаемая задача.

Ее трудность и в том, что она должна быть многоплановой: учитывать, как и хорошо подготовленных, одаренных студентов, так и слабо подготовленных, не очень верящих в свои силы. Педагогика – наука о воспитании. Одной из психологических трудностей учебы в вузе для первокурсника – относительная, кажущаяся свобода. Не все ее выдерживают, причем, и хорошо подготовленные студенты тоже. Поэтому задача преподавателя – научить учиться. И не только азам самостоятельной работы, но и элементарному плановому посещению занятий. Этому способствуют систематические проверки знаний. На нашей кафедре это: «летучки», РГР, задания на дом, отчеты по лабораторным работам. Плановая работа позволяет студенту уверенно подойти к

сессии. Некоторые первокурсники, кроме плохой адаптации к вузовскому обучению, имеют ослабленное развитие психических процессов, необходимых для продуктивной деятельности, не умеют слушать и записывать лекции. У большинства из них отсутствуют обобщенные приемы умственной деятельности. Кроме того, у младшекурсников (с которыми имеет дело кафедра) еще нет четкой направленности на учебу, им не видны ее связи с будущей работой. Поэтому так важна ранняя специализация, умение показать необходимость изучения физики, ее практическую значимость, взаимосвязь со спецдисциплинами и будущей специальностью. Ранняя специализация студентов учитывается преподавателями кафедры и в лекционных примерах, и в работе научного общества студентов (НОС). Пример тем докладов студентов на межвузовской студенческой региональной научно-практической конференции по физике: «Физика и современность», май 1999г.: 1) «Физические вопросы безопасного хранения отработавшего ядерного топлива», 2) «Применение нейтронно-активационного анализа при определении содержания радионуклидов в воде первого контура реактора ИР-100, 3) «Сейсмические условия Крыма и обоснованность закрытия АЭС», 4) «Ядерные термоэлектрические установки в вопросах прямого преобразования различных видов энергии в электрическую».

Для большинства первокурсников высок уровень напряженности, даже при их кажущейся самоуверенности. Поэтому на нашей кафедре в ноябре 2000г. был проведен КВН по физике, включающий как серьезные вопросы, изученные на лекциях, так и элементы игры; как умение работать с приборами, дополняя лекционные демонстрации, так и литературные эссе по физике и о физике.

Развитию талантов посвящены проводимые на кафедре олимпиады. Качества личности развиваются в деятельности. Необходимы такие условия обучения, которые создают стимулы инициативности, раскованности, стремление проявить творческие способности, с одной стороны, и ответственности- с другой. Средством поощрения студентов при изучении дисциплины является и единичные освобождения студентов, показавшие отличные знания на семинарах и коллоквиумах, отличившихся в



работе НОС от сдачи экзамена с выставлением оценки «отлично».

Если в НОС легче вовлекаются наиболее успевающие, более одаренные, лучше подготовленные студенты, то слабоуспевающим необходимо преодолеть психологический барьер «слабака», помочь ему так работать, чтобы научиться уважать себя. Этому способствуют индивидуальные занятия со студентом, умение преподавателя отмечать достоинства и успехи студента, обеспечить благоприятные условия для совершенствования обучения. Преподаватели кафедры стараются проводить занятия по одной теме в каждой конкретной группе по-разному, с учетом подготовленности всей группы, а также студента в отдельности. Заинтересовать сильных студентов постановкой задач, связанных с производством, или решением задачи по физике с привлечением современного аппарата высшей математики, вычислительной техники, или умения сообразать, догадаться; а при занятиях со слабо подготовленным – объяснить материал, избегая, на первых этапах, излишней математической перегруженности – в этом мастерство преподавателя.

Знание психологических особенностей студентов, психолого-педагогическая компетентность преподавателей обеспечивает не только помощь студентам в овладении конкретных физических законов, улучшая качество молодых специалистов, но и участия в формировании творческой личности.

#### Литература:

Казанская В. Обучающий диалог. // Вестник высшей школы. – 1990. – №4.

# КОМПЬЮТЕРНЫЙ ОБУЧАЮЩИЙ КУРС ФИЗИКИ

Е.Я. Швец, Н.В. Свитанько, И.И. Филиппенко, А.С. Король  
г. Запорожье, Запорожская государственная инженерная  
академия

## ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития образования в Украине преподавание физики в высших учебных заведениях, как и других технических дисциплин, приобретает все большее значение. Как показывает опыт, проблема методического обеспечения курсов до сих пор остается актуальной. Представленный обучающий и тестирующий анимационный курс по общей физике для студентов вузов всех специальностей позволяет во многом решить указанную проблему.

Комплекс включает в себя: 1) теоретический раздел, который состоит из конспекта лекций по общей физике в электронном виде; 2) анимационный лабораторный практикум; 3) видеодемонстрации; 4) тестирующую программу.

Требования к программно-техническому обеспечению курса: операционная система Windows 95/98 на ЭВМ типа IBM или Pentium следующей примерной конфигурации ОЗУ 8-16 Мб, ПЗУ не менее 10 Гб, SVGA монитор, тактовая частота не ниже 700 МГц, CD-привод. Весь курс размещен на 2-х компакт-дисках.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Теоретический материал представлен в виде краткого конспекта лекций в электронном варианте в текстовом редакторе Microsoft Word (Office 97/2000), что значительно облегчает его использование. Конспект состоит из 43 лекций, охватывающих весь курс высшей физики для студентов всех специальностей. Каждая лекция сопровождается рисунками и списком литературы непосредственно по данному разделу. Фрагмент лекции представлен на рис. 1.

Каждая лекция представлена в виде отдельного файла, что облегчает поиск и проработку материала.

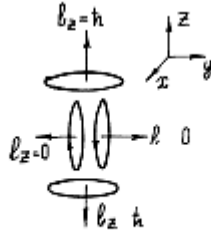


Рис. 24.2. Связь ориентации орбиты электрона с проекцией момента импульса.

При каждом значении орбитального квантового числа  $\ell$  имеется  $2\ell + 1$  состояний, отличающихся азимутальным квантовым числом  $m_\ell$ . Такая многозначность состояний называется вырождением. При этом кратность вырождения состояний с квантовым числом  $\ell$  равна  $2\ell + 1$ . В свою очередь орбитальное квантовое число  $\ell$  принимает значения от 0 до  $n - 1$ , и, следовательно, полное число состояний атома равно

$$\sum_{\ell=0}^{n-1} (2\ell + 1) = n^2.$$

Таким образом, каждому квантовому уровню  $E_n$  соответствует  $n^2$  различных состояний атома.

III. Состояние электрона в атоме обозначается зависимостями от значений квантовых чисел: орбитальное число определяет название

Рис. 1. Фрагмент конспекта лекции

## 2. АНИМАЦИОННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторный практикум ранее был представлен в работах [1–3]. Практикум включает в себя следующие лабораторные работы: «Изучение вращательного движения твердого тела», «Изучение колебаний математического маятника», «Изучение адиабатического процесса расширения газа», «Изучение электростатического поля методом электролитического моделирования», «Исследование магнитных свойств ферромагнетиков», «Определение диэлектрической проницаемости жидких диэлектриков», «Изучение законов теплового излучения», «Определение постоянной Планка», «Исследование спектра инертных газов», «Изучение  $\beta$ -распада ядер» [4]. Всего 12 работ. Работы охватывают следующие разделы физики: «Механика», «Термодинамика», «Электродинамика», «Квантовая оптика», «Атомная и ядерная физика».

На рис. 2. представлен фрагмент лабораторной работы.

**Лабораторная работа №47**

Схема установки

Цвет светофильтра

- Нет
- Красный
- Жёлтый
- Зелёный
- Синий

Пояснения к выполнению:

Длина волны светофильтра: 576 нм

Контрольные вопросы    Формулы    Пояснения    Выход

Рис. 2. Лабораторная работа “Определение постоянной Планка”

Программа анимационного лабораторного практикума позволяет быстро и эффективно в наглядной форме подготавливать студентов к выполнению сложных лабораторных работ по физике. Программа позволяет проводить тестирование студентов, что значительно улучшает теоретические знания испытуемых.

### 3. ВИДЕО-ДЕМОНСТРАЦИИ.

Для большей эффективности усвоения пройденного материала и получения наглядного представления о физических процессах в представленном курсе физики применяется раздел видео демонстраций. Фрагмент демонстрации представлен на рис. 3.

Демонстрации сопровождаются комментариями лектора, и могут быть продемонстрированы как на отдельных модулях, так и в лекционных залах с помощью CD-проекторов.



Рис. 3. Фрагмент лекторской демонстрации “Кинематика вращательного движения”

#### 4. Тестирующая программа

Как бы итоговым разделом курса физики является специально разработанная на кафедре физики ЗГИА тестирующая программа. Программа позволяет преподавателю оценить полученные студентами знания, а студентам самостоятельно контролировать собственный процесс обучения в семестре. Тестирующая программа может работать как в режиме экзаменационного тестирования, так и в режиме обучающего тестирования. Простой интерфейс программы позволяет легко и быстро ее освоить, что до минимума снижает “эффект страха” перед компьютером и повышает объективность экзамена. Программа прошла апробацию на вступительных экзаменах и во время межсеместрового контроля.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный компьютерный курс по физике предназначен для эффективного и наглядного обучения студентов всех специальностей высших технических учебных заведений и техникумов. Во многом курс будет полезен студентам заочной и дистанционной форм обучения, так как может быть легко развернут на ПЭВМ минимальной конфигурации (т.н. кейс-технология). Курс также может быть размещен на учебном сервере и доступен через Internet.

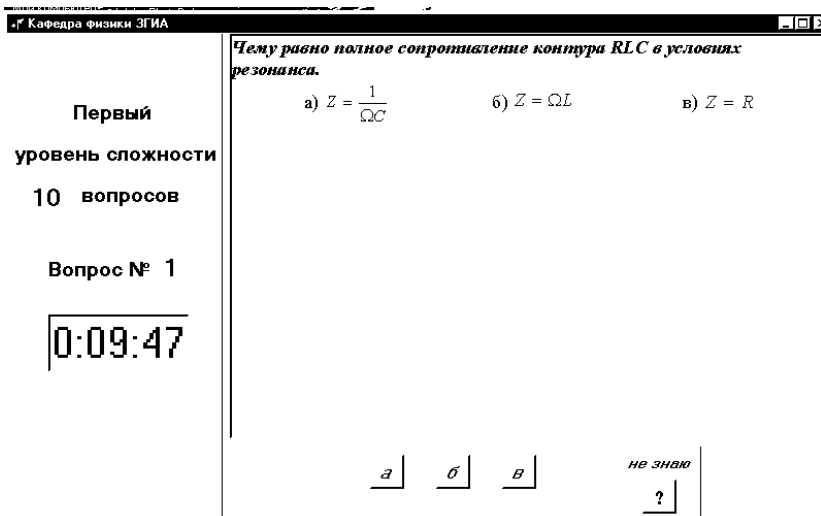


Рис. 4. Фрагмент тестирующей программы по физике

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е.Я. Швец, Ю.С. Оселечник., Т.Н. Точилина, Н.В. Свитанько // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці та освіті // Збірник наукових праць. – Кривий Ріг, Видавничий відділ КДПУ. – 2001. – т. 1. – С. 281-286.
2. Е.Я. Швец, Ю.С. Оселечник., Н.В. Свитанько Інтерактивна тестуюча та навчальна система із загальної фізики // Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конф. – Хмельницький, 2001. – С. 215.
3. Е.Я. Швец, Ю.С. Оселечник., Н.В. Свитанько. Динамическое моделирование лабораторного практикума по физике // Збірник матеріалів П'ятої міжнародної науково-методичної конференції "Інформаційні технології навчання у вищих закладах освіти". Ч. 1. – Суми: Вид-во СумДУ, 2001. – С. 243-245.

## МЕТОД БЕЗАЛЬТЕРНАТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В КУРСЕ ФИЗИКИ

Е.Я. Швец, Т.Н. Точилина, И.И. Филиппенко, Ю.С. Оселедчик  
г. Запорожье, Запорожская государственная инженерная  
академия

### 1. Введение.

Тестируемый опрос – одна из перспективных форм контроля знаний, как по предметам фундаментальной подготовки, так и по широкому спектру изучаемых дисциплин.

Методика тестирования в большинстве случаев основана на использовании так называемой системы альтернативного опроса, фактически представляющей собой угадывание правильного ответа из нескольких предложенных вариантов.

Вероятность угадывания, определяемая распределением Бернулли, довольно высока и колеблется в реальных тестах в пределах 50–68 % в зависимости от объема выборки.

Предлагаемые безальтернативные методы тестирования являются либо усовершенствованным вариантом альтернативного опроса, содержащим в своей основе элементы угадывания из некоторого числа предлагаемых ответов с разной степенью полноты, либо, предлагается большой набор программ тестирования, предполагающих высокий уровень владения компьютером.

В настоящей работе предлагается модульный метод тестирования, в принципе исключающий элемент угадывания при ответе, и предполагающий активную работу студента в процессе тестирования с нарастающей степенью сложности вопросов. Метод не требует сложного программированного обеспечения и может использоваться как в режиме программированного контроля, так и с использованием возвратных раздаточных материалов.

### 2. Модульные безальтернативные тесты.


Весь курс изучаемой дисциплины разбивается на модули (разделы), которые изучают одно физическое явление, закон, фундаментальное понятие. Разработано 30 равнозначных вариантов каждого модуля, т.е. при тестировании студент получает индивидуальное задание. Каждый модуль состоит из задачи по

данной теме и поставленных к ней заданий с возрастающим уровнем сложности. Каждый модуль имеет три уровня сложности. Задания первого уровня сложности оценивается в 1 балл, 2-го в 2 балла, 3-го – 3 балла. Для получения минимальной положительной оценки студент должен ответить на все вопросы первого уровня сложности. Для получения хорошей оценки студент должен выполнить задания как 1-го, так и 2-го уровня. Для получения отличной оценки студенту необходимо сделать все задания 1-го и 2-го уровней и более чем на половину задания 3-го уровня. Пример модульного безальтернативного теста приведен на схеме №1.

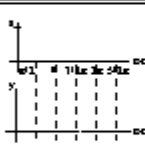
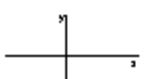
Схема №1.

## Мультимодульный тест I

Уровень сложности и т. д. (млн км/ч)  
x - в км (млн км/ч)  
y - в км/ч



- 1 Построить график зависимости скорости
- 2 Найти среднюю скорость
- 3 Найти модуль равноускорения
- 4 Найти мгновенную скорость  $V_x$  при  $x = 3/2$  км
- 5 Найти мгновенную скорость  $V_x$  при  $x = 3/2$  км
- 6 Найти модуль средней скорости при  $x = 3/2$  км
- 7 Найти уравнение траектории и т.
- 8 Найти модуль средней ускорения

<p>1.</p> 	<p>2.</p> <p style="text-align: center;"><math>V_x(t) =</math></p> <p style="text-align: center;"><math>V_x(t) =</math></p>	<p>3.</p> <p style="text-align: center;"><math>r =</math></p>
<p>4.</p> <p style="text-align: center;"><math>t = 3/2</math> км</p> <p style="text-align: center;"><math>V_x =</math></p>	<p>5.</p> <p style="text-align: center;"><math>t = 3/2</math> км</p> <p style="text-align: center;"><math>V_x =</math></p>	<p>6.</p> <p style="text-align: center;"><math>t = 3/2</math> км</p> <p style="text-align: center;"><math>V =</math></p>
<p>7.</p> <p style="text-align: center;"><math>y = f(x)</math></p> 	<p>8.</p> <p style="text-align: center;"><math>a =</math></p>	

Задания 1–3 соответствуют первому уровню сложности, 4–6 – второму уровню, 7–8 – третьему уровню сложности.

Приведенный мультимодульный тест предполагает работу с возвратным раздаточным материалом. Ответы на задания студент оформляет в порядке, предусмотренном схемой №2. Пра-



Вильность ответов в этом случае оценивается преподавателем.

Схема №2.

# Ответы I

<p>1. </p>	<p>2. <math>y_1(t) = a \sin \omega t</math> <math>y_2(t) = b \cos \omega t</math></p>	<p>3. <math>r = \sqrt{a^2 + b^2}</math> <math>\omega = \sqrt{a^2 \sin^2 \omega t + b^2 \cos^2 \omega t}</math></p>
<p>4. </p> <p><math>y_1\left(\frac{2\pi}{\omega}\right) = a</math></p>	<p>5. </p> <p><math>y_2\left(\frac{2\pi}{\omega}\right) = 0</math></p>	<p>6. <math>\omega = 3/2 \pi</math> <math>V = \sqrt{a^2 + b^2} = \dots</math></p>
<p>7. <math>\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1</math></p>	<p>8. <math>\omega = \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}</math> <math>\omega_1 = 2\omega^2 \sin \omega t</math> <math>\omega_2 = -b\omega^2 \cos \omega t</math> <math>\omega = \omega^2 \sqrt{a^2 \sin^2 \omega t + b^2 \cos^2 \omega t} = \omega^2</math></p>	

Также метод может быть применен с использованием компьютерных средств. В этом случае задания составляются так, что ответ при внесении в компьютер должен быть однозначным. Правильность ответа в этом случае оценивает компьютер.

На сегодняшний день есть пример успешного применения данного метода на подготовительных курсах. Учащимся подготовительных курсов в начале каждого урока выдаются карточки-задания в виде мультимодульного теста.

Каждый учащийся получает индивидуальное задание с пятью вопросами различного уровня сложности. На ответ дается 15 минут. Такой метод экспресс-контроля позволяет закрепить пройденный материал и проверить качество его усвоения.

Метод также может применяться в процессе обучения студентов: при опросе после окончания изучения определенного раздела дисциплины (коллоквиум), по окончании всего учебного курса (экзамен), а также для промежуточных экспресс-опросов на практических занятиях. Этот метод можно применять для создания обучающих и контрольных программ для студентов заочного и дистанционного отделения.

Заключение.

Говоря о преимуществах данного метода, хочется отметить его простоту, возможность последовательного усложнения ответов, и этот метод позволяет дифференцировать студентов по уровню подготовки.

Также он дает возможность применять тестирование для студентов с разным уровнем подготовки и дифференцировать требования.

Важным является тот факт, что студент самостоятельно находит то или иное решение в процессе активной умственной и интеллектуальной деятельности.

## МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО КОНТРОЛЯ ОБУЧЕНИЯ СЛУШАТЕЛЕЙ ФАКУЛЬТЕТА ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ

Е.Я. Швец, Н.Н. Турба

г. Запорожье, Запорожская государственная инженерная академия

В рамках совершенствования методики оценки качества обучения и подготовки специалистов проводилось сравнение средних баллов успеваемости студентов младших курсов академии в зависимости от формы довузовской подготовки и было отмечено наличие зависимости качества обучения от вида и уровня этой подготовки.

С 1998 года в ЗГИА была активизирована работа на подготовительном отделении одного из факультетов, где учебный процесс обеспечивался преподавателями академии. Была предпринята попытка уйти от недостатков организации довузовской подготовки посредством распространенных кратко- и долгосрочных подготовительных курсов, основным из которых, несомненно, являлась методика «натаскивания» слушателей по отдельным дисциплинам, ориентированная только на поступление в любое учебное заведение. Кроме того, как правило, занятия на таких курсах проводят (и проводили в академии) привлеченные со стороны преподаватели.

Подготовительное отделение вместе с подготовительными курсами были преобразованы в факультет довузовской подготовки (ФДП), который возглавил опытный педагог, доцент одной из общеобразовательных кафедр. Для преподавания на ФДП были привлечены лучшие преподавательские кадры, более двух третей которых составляли доценты и старшие преподаватели. В число наставников слушателей ФДП вошли пять заведующих фундаментальными и выпускающими кафедрами.

Эти и ряд других мероприятий обеспечили динамический рост ФДП, основу которого составили выпускники средних школ, значительная часть которых нуждается в усилении подготовки по общеобразовательным дисциплинам. Занятия на факультете призваны помочь также выпускникам прошлых лет ли-


квидировать пробелы, обновить или систематизировать свои знания программы средней школы, подготовиться по тем предметам, которые они просто не изучали.

Значительную часть контингента слушателей ФДП составляют в настоящее время также выпускники учебных заведений I–II уровня аккредитации, получившие возможность, в соответствии с концепцией ступенчатого образования, продолжить обучение в академии по сокращенной программе: начиная со 2-го (на дневном отделении) или с 3-го курса (на заочном отделении). Выпускники же текущего года могут совместить учебу в своем учебном заведении с занятиями на подготовительном отделении ФДП.

В результате осуществления отмеченных мероприятий количество слушателей ФДП возросло за последние годы с 75 до 850 человек.

Для обеспечения более качественного отбора слушателей ПО, контроля их обучения и выпуска была разработана специальная подсистема компьютерного тестирования “Слушатель ПО”, сопровождающая слушателей на протяжении всего периода обучения (рис. 1).

Регістраційний лист



Дата : 28.02.2000 Час : 13:45:51

Запорізька державна інженерна академія

Особисті дані того хто підлягає іспиту :

UIN:	4	Пошук
Прізвище :	Стадніченко	
Ім'я :	Олександр	
По батькові :	Вікторович	
Спеціальність :	СП	Добавити


 Далі

Рис. 1. Интерфейс подсистемы “Слушатель ПО” в режиме ввода исходных данных

На вступительных испытаниях слушателям предлагается ответить на вопросы по 4 общеобразовательным дисциплинам; комплект вопросов по каждой дисциплине формируется случайным образом из общего банка в 300-350 вопросов, составленных в соответствии с Программой для поступающих в ВУЗы Министерства образования и науки Украины.

Банк вопросов по каждому предмету разбит на 3 группы пропорционально степени сложности самих вопросов. В результате возрастает вероятность правильных ответов на первые (первый) вопросы, что повышает психологический настрой слушателей.

За правильный ответ на каждый вопрос начисляется 1 балл; В результате специальных исследований контрольных групп испытуемых и анкетирования слушателей оптимальным временем для ответа по каждой дисциплине признан интервал 5 минут. После истечения этого времени предусмотрен автоматический переход к ответу по следующей дисциплине; за каждую сэкономленную при ответах минуту начисляется дополнительно 0.1 балла.

Организация приемных испытаний на основе компьютерного тестирования повышает, по мнению самих слушателей, объективность этих испытаний, улучшается психологический климат во время проведения испытаний. Подсистема “Слушатель ПО” помимо программы обязательного тестирования по общеобразовательным дисциплинам дополнена социологическим приложением, разработанным на основе методики IQ-тестирования. По сути это небольшое профориентационное исследование, представляющее собой 4 IQ-субтеста: два аналитических тестовых задания, один тест, учитывающий скорость выбора математического решения и один тест на выбор пространственно-ориентированного решения. По расшифровке ответов выносится суждение о преобладании инженерно-конструкторских склонностей или склонностей к работе с людьми, к научным исследованиям и др.

В процессе обучения на подготовительном отделении ФДП слушатели ежемесячно, после изучения соответствующих учебных блоков по каждой дисциплине, проходят комплексное тестирование, аналогичное вступительным испытаниям. На основа-

нии полученных слушателями баллов формируются их рейтинги по предусмотренным 4 блокам каждой дисциплины: выставление автоматического зачета предусматривается слушателям, получившим суммарный рейтинг свыше 15 баллов; экзаменационные оценки выставляются при следующих диапазонах рейтингов: 12-13 баллов - “удовлетворительно”, 15-16 баллов – “хорошо”, свыше 18 баллов – “отлично”.

Система модульно-рейтингового тестирования положительно оценена слушателями подготовительного отделения как снимающая психологический стресс перед классической зачетно-экзаменационной сессией и предусматривающая в то же время возможность получения более высокой оценки при дополнительной сдаче экзамена лектору. Обучение слушателей на ФДП, безусловно, способствует адаптации к дальнейшему обучению в высшей школе. Выпускающие кафедры не случайно направляют лучших преподавателей для работы со слушателями ФДП – последние, по крайней мере, со старших курсов лидируют в учебе, отличаясь большей основательностью и самостоятельностью.

На рис. 2 приведены сопоставительные данные успеваемости по результатам нескольких экзаменационных сессий студентов академических групп в целом и отдельно – студентов этих же групп из числа выпускников ФДП.

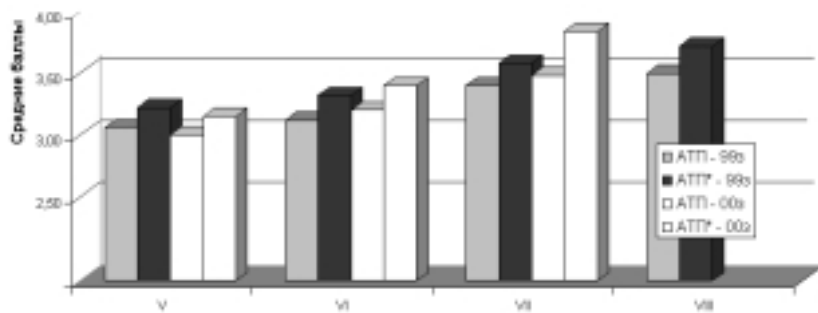


Рис. 2. Сопоставительные данные успеваемости выпускников ПО

## ПОЛИРЕЙТИНГОВАЯ МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ПО ФИЗИКЕ

Е.Я. Швец, И.И. Филиппенко, Т.Н. Точилина, А.С. Король,  
Ю.С. Оселедчик  
г. Запорожье, Запорожская государственная инженерная  
академия

### 1. Введение.

В современной высшей школе циклический ритм учебного процесса с экзаменационной сессией в качестве итогового контроля практически исчерпал себя. Связано это в основном с изменением мотивационных стимулов обучения, существенным уменьшением времени, затрачиваемым на самостоятельную работу, и тем самым, снижением уровня систематичности изучения предмета. Кроме того, принципиально изменились возможности информационных технологий, позволяющих поставить на совершенно иной уровень самостоятельную работу с использованием контрольно-обучающих программ и экспресс-тестирования по разделам изучаемого курса.

Тенденции усовершенствования учебного процесса в высшей школе, стимулирующего систематичность обучения и элементы соревновательности, проявились в развитии модульно-рейтинговой системы, внедряемой в последнее время в ряде вузов.

Принцип модульности предполагает разбиение учебного материала семестра на несколько разделов (модулей), что позволяет контролировать усвояемость студентом материала на нескольких уровнях – теории, практического усвоения (решении задач) и экспериментального исследования (лабораторный практикум). При этом рейтинговая система оценок предполагает накопление условных единиц знаний в выбранном временном интервале, что позволяет в итоге получить студенту адекватную совокупную оценку.

Нами разработана полирейтинговая модульная система, позволяющая охватить различные формы контроля учебного процесса – лекционный курс, лабораторные занятия, практические занятия, учитывая при этом активность студента на занятиях,

стремление к выполнению дополнительных заданий и т.п.

Преимущества полирейтинговой модульной системы достаточно очевидны – при этом реализуется тематический контроль и текущая аттестация, стимулирующие студента к регулярности и систематичности занятий, возрастает уверенность студента при выходе на сессию.

## 2. Полирейтинговая модульная система обучения в курсе физики

Разработанная полирейтинговая модульная система представлена на примере семестрового обучения по курсу физики (36 часов лекций, 36 часов лабораторных работ и 18 часов практических занятий). При этом как теоретический материал, так и все контролирующие мероприятия разбиты на три модуля (таблица 1).

Лабораторная работа (в каждом модуле их 3) предусматривает лабораторные исследования, расчеты и построение графиков, защиту работы, включающую теоретический материал и методику проведения работы. Максимальный балл по каждой работе 5 – из них 3 балла за теорию и 2 балла за оформление отчета. Итогом обучения по модулю является модульный коллоквиум. Как коллоквиум, так и защита лабораторной работы проходит с использованием программированного тестирования в компьютерном классе. При защите лабораторных работ используются альтернативные тесты. Для проведения коллоквиумов нами разработана методика безальтернативного тестирования.

Практические занятия также разбиваются на 3 модуля. Каждый модуль представляет собой завершенную тему. Рейтинговая оценка проводится по следующим блокам:

- текущий опрос (2-4 балла);
- проверка домашнего задания (2-4 балла);
- защита модульной самостоятельной работы (4 балла);
- защита дополнительного домашнего задания (по желанию студента) (1 балл за задачу);
- модульная контрольная работа (по желанию студента) (2 балла за задачу).

В ходе занятия оценивается активность студента – участие в обсуждении затронутой темы, работа у доски.

Дополнительные домашние задания и модульная контроль-



ная работа выдаются и проводятся только для желающих повысить свой рейтинг.

Таблица 1. Схема полирейтингового модульного контроля:  
а) модульная карта.

№	Тема модуля	Контрольные мероприятия						
		Коллоквиум (балл)	Лабор. раб. (балл)			Практическое занятие (балл)		
			1	2	3	текущий опрос	дом. задание	модульная самост. работа
1	Электростатика и магнито- статика	10	5	5	5	6	5	4
2	Электрические колебания и волны	10	5	5	5	6	5	4
3	Оптика	10	5	5	5	6	5	4
Всего баллов		30	45			18	15	12
Итого баллов		120						

б) рейтинговая карта активности.

Виды контроля	Выполнение дополн. заданий	Участие в обсуждении	Актив- ность на за- нятии	Штрафные санкции		
				К заня- тию не готов	Неумение объяснить домашнее задание	Модульная самост. не сдана в се- местре
Балл	4	1	1	-1	-2	-10
Всего (~)	12	12	6	-6	-4	-30
Итого (~)	30			-40		

Таблица 2. Рейтинговые карты студентов.

**Рейтинговая карта**  
(практический блок)

ФИО		Вид контроля				Штрафные санкции		
№ модуля	Ответ у доски	Проверка усваиваемого материала	Модульная самостоятельная работа	Модульная контрольная работа	Неудовл. ответ у доски	Не усвоенный материал	Семестр. контр. зачтена не в срок	
								I Электричество и магнетизм
II Электрические колебания и волны								
III Оптика								
Общее количество баллов								

**Рейтинговая карта**  
(лабораторный блок)

ФИО		Защита лабораторных работ										Коллоквиум	Штрафные санкции	
№ модуля	Тема	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9				
		I	Электричество и магнетизм											
II	Электрические колебания и волны													
III	Оптика													
Общее количество баллов														

Предусмотрены штрафные санкции:

- за неготовность к занятию (-1 балл);
- не выполнено домашнее задание (-1 балл за задачу);
- не сдана модульная самостоятельная работа (-10 баллов).

Для оперативной информации о состоянии рейтинга каждому студенту выдается рейтинговая карта, где отражена его работа в течение семестра.

В зависимости от набранных рейтинговых баллов студенты получают ряд преимуществ на экзамене (таблица 3).

Таблица 3. Рейтинговые баллы.

<b>Общее количество набранных баллов</b>	<b>Преимущество</b>
131–150 баллов	Соответствует оценке «отлично». Студент, набравший такое количество баллов, получает экзаменационную оценку «отлично» без экзамена.
100–130 баллов	Соответствует оценке «хорошо». Набравший такое количество баллов, студент на экзамене отвечает на один из вопросов билета. В зависимости от качества ответа выставляется экзаменационная оценка. Студент, у которого рейтинговый балл соответствует оценке «хорошо», застрахован от неудовлетворительной оценки на экзамене.
55–99 баллов	Соответствует оценке «удовлетворительно». Набравший сумму баллов, соответствующих данному уровню, сдает экзамен в полном объеме. Экзаменационная оценка зависит от качества ответа. Преимуществом является возможность получения удовлетворительной оценки по результатам собеседования при неудовлетворительном ответе на билет.
меньше 55 баллов	Студенты к экзамену допускаются по мере получения зачета и сдают экзамен на общих основаниях.

### 3. Заключение.

В результате введения модульно-рейтинговой оценки знаний обеспечивается возрастание у студентов мотивации к систематическому и неформальному обучению. При этом возникает возможность дифференциации студентов по их интеллектуальным способностям, что в свою очередь создает условия для индивидуальной работы со студентами. Кроме того, рейтинговый контроль обеспечивает объективную и гласную оценку знаний студента и создает широкие перспективы активного использования программированного тестирования в ходе учебного процесса.

## ЕВОЛЮЦІЯ ЯК ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНА КАТЕГОРІЯ

Л.С. Шуригіна, Є.Г. Шуригін

м. Слов'янськ, Слов'янський державний педагогічний інститут

Одна з методологічних проблем сучасної науки – фрагментарність наукового знання, його глибока диференціація. У шкільній і вузівській освіті цьому відповідає дисциплінарний підхід до формування її змісту.

Однак надмірна диференціація перешкоджає формуванню єдиної картини світу, яка являє собою інтегральний зріз знань на даному етапі розвитку суспільства. В.І. Вернадський був одним із перших великих мислителів двадцятого століття, який зумів під час поглиблювання спеціалізації та диференціації науки побачити необхідність цілісного підходу до явищ природи. У єдину картину Всесвіту, який еволюціонує, він об'єднав величезну кількість фактів, починаючи від молекулярних явищ і кінчаючи науковою думкою як планетарним явищем. «Дело в том, – писав він, – что рост научного знания 20 века быстро стирает грани между отдельными науками. Мы всё больше специализуемся не по наукам, а по проблемам. Это позволяет, с одной стороны, чрезвычайно углубиться в изучаемое явление, а с другой – расширить охват его со всех точек зрения». [1]

На тенденцію природничих наук до зближення, переплетення, інтеграції вказував також О.Л. Чижевський: «Теперь мы можем сказать, что в науках о природе идея о единстве и связанности всех явлений в мире и чувство мира как неделимого целого никогда не достигали той ясности и глубины, какой они малопомалу достигают в наши дни» [2].

В останні десятиліття в науці інтенсивно розвиваються єдині підходи до вивчення, здавалося б, різнорідних явищ: системний, синергетический, інформаційний.

У системі освіти також усвідомлюється необхідність формування цілісної системи знань. З'являються міждисциплінарні курси. У загальноосвітній цикл навчальних планів російських ВНЗів запроваджується нова дисципліна «Концепції сучасного природознавства». Видано відповідні навчальні посібники. Однак, ця дисципліна являє собою набір розділів, присвячених ог-

ляду сучасного стану різних природничих наук. Такий підхід, на нашу думку, формує не цілісне бачення світу, а, скоріше, верхоглядство і звичку до поверхових знань.

В наш час “вибуху” наукового знання актуальним є виділення трансдисциплінарних ідей, методів, результатів, єдиних для всіх природничих наук. Це дасть можливість створення інтегративних курсів, які пронизані ідеями і методами загальними для природничонаукових дисциплін, незважаючи на властиве їм розходження в об’єктах і методах дослідження.

Велику допомогу в такій роботі може надати вивчення спадщини В.І. Вернадського. Він дає блискучі приклади аналогій між процесами в різних явищах дійсності, що могли б бути використані при створенні міждисциплінарних курсів.

Наприклад, за допомогою аналогії між добре відомими властивостями газу і властивостями живої речовини В.І. Вернадський пояснює поняття емерджентності, тобто явище виникнення властивостей на даному рівні структурної організації речовини, які не можна завбачити, виходячи лише з властивостей елементів, що утворюють більш низький ієрархічний рівень. “Сейчас не может возбуждать сомнения, что в свойствах газа мы наблюдаем коренное качественное различие между свойствами составляющего совокупность предмета или предметов.

По аналогии с газом газу отвечает живое вещество, газовой частице – организм. Законы живого вещества, поскольку они выражаются законами совокупностей, могут быть аналогичны законам газа и должны быть, по существу, иные, чем законы организма, отвечающего газовой частице.

Бросающееся в глаза отличие заключается в том, что для нас в природе непосредственно доступны законы – свойства – газа, и лишь трудной и долгой абстракцией мы можем подняться до понимания свойств их совокупности – живой материи”. [3]

Інший цікавий приклад подібної аналогії зв’язаний з дискусійною проблемою походження життя. Одна зі стадій цього процесу (спонтанне скупчення біологічно важливих молекул у просторі і їхня конденсація) являє собою явище самоорганізації матерії у відкритих системах. Зараз це явище є об’єктом вивчення в синергетиці. В.І. Вернадський передбачив, що воно має всі особливості фазових переходів. Він порівнює появу зародка

життя з аналогічним процесом у фазових переходах. “Появление зародыша резко отличается по физическим условиям, его определяющим, от роста зародыша. И это резкое отличие свойственно не только жизненному процессу. Оно имеет многочисленные физические аналогии и может быть рассматриваемо как появление общих физических законов в явлениях жизни...”

Поэтому между явлениями жизни и между целым рядом разнообразных физических явлений мы видим – в некоторых чертах процесса – огромное сходство. Но это есть сходство не самих явлений, а тех общих законов их изменений, которые отражают лишь законы изменения формы”. [3]

В.І. Вернадський не тільки використовує аналогії, але і шукає в структурних рівнях організації матерії те загальне, котре робить їх (аналогії) можливими.

Зважаючи на переорієнтацію сучасних наукових представлень від парадигми руху до парадигми еволюції, ми розробили спецкурс “Еволюційні уявлення в сучасному природознавстві” для майбутніх магістрів фізики. Поняття еволюції розглядається як трансдисциплінарне. Аналізується поняття інформації. Оборотної динаміці характеристик об’єктів і станів протиставляється існування в природі “стріл часу”. Необоротність процесів у макросвіті розглядається як наслідок локальної нестійкості руху на попередньому рівні структурної організації матерії. Розглядаються основи лінійної і нелінійної нерівноважної термодинаміки. Вводяться критерії еволюції.

Вивчаються основні поняття теорії динамічних систем (трансдисциплінарної динаміки). Розглядається математичне моделювання еволюційних процесів. Виявляються загальні закономірності процесів самоорганізації у фізичних, хімічних, біологічних, екологічних системах, аналогії в перебігу різних процесів поблизу стану нестійкості, коли критична флуктуація штовхає нерівноважну систему ще далі від стаціонарного стану.

Схожість у протіканні нелінійних процесів у відкритих дисипативних системах дозволяє описувати явища з різних областей знання за допомогою близьких математичних моделей.

Наприклад, втрату стійкості при змінюванні керуючих параметрів і появу зовсім нових типів руху (чи структур) найпростіше пояснити для потенційних систем. Найпростіший випадок

док – нелінійний осцилятор із сильним затуханням:

$$\dot{X} = -K_1 X - K_2 X^3.$$

Відповідна потенційна крива

$$V(X) = \frac{1}{2} K_1 X^2 + \frac{1}{4} K_2 X^4,$$

дозволяє дослідити стійкість (нестійкість) системи при аналізі її форми для  $K_1 > 0$  ( $K_1 < 0$ ).

Розглянутий прийом застосовується для аналізу інших явищ самоорганізації, наприклад, тих, що відбуваються у лазері. Швидкість зміни кількості фотонів у резонаторі визначається співвідношенням:

$$\dot{X} = -K_1 X - K_2 X^2,$$

де  $K_1 > 0$  відповідає слабкій і  $K_1 < 0$  – сильній накачці. За аналогією з попереднім прикладом досліджуємо потенційну криву

$V(X) = \frac{1}{2} K_1 X^2 + \frac{1}{2} K_2 X^3$ . Її форма змінюється при переході  $K_1$

через нульове значення. При  $K_1 > 0$  маємо єдиний стаціонарний стан  $X=0$  (когерентних фотонів немає). При  $K_1 < 0$  стійке стаціонарне значення  $X$  відмінно від 0, тобто лазер поводить як когерентне джерело.

Після аналізу стійкості потенційних систем легко перейти до поняття стійкості по Ляпунову.

Докладно аналізуємо логістичне відображення,  $X_{n+1} = f(X_n) = \lambda X_n(1 - X_n)$ , що описує еволюцію в дискретному часі ряду процесів у фізиці, біології, екології.

Почати належить з графічного рішення рівняння. Легко одержати критерій стійкості стаціонарних станів ( $X_1^* = X_{n+1} = X_n$ ,  $X_2^* = X_{n+2} = X_n$  і т.д.) для різницевих рівнянь. Нерухома точка  $X^*$  стійка якщо до неї сходиться послідовність ітерацій  $X_0, X_1, X_2, X_3, \dots$ . Знаходимо відстань  $\delta_n$  від точки  $X^*$ :

$$\delta_{n+1} = |X_{n+1} - X^*| = |f(X_n) - X^*| = |f(X^* + \delta_n) - X^*| = \left| \frac{d}{dX^*} f(X^*) \right| \delta_n$$

Якщо  $X^*$  відповідає стійкому стану, то

$$\frac{\delta_{n+1}}{\delta_n} < 1 \quad \text{і} \quad \left| \frac{d}{dX^*} f(X^*) \right| < 1.$$



Програма спецкурсу передбачає вивчення процесів самоорганізації в космосі (виникнення галактик і зірок, еволюцію зірок і походження хімічних елементів). Обговорюються труднощі існуючих космологічних моделей еволюції Всесвіту. Аналізується модель, що відноситься до класу нестійких динамічних систем.

Спецкурс передбачає знайомство із сучасними уявленнями про передбіологічну і біологічну еволюції, із сучасним станом проблеми походження життя. Указується, що біфуркаційна модель еволюції може бути використана для аналізу процесів у суспільстві, економіці. Неважко бачити, що соціальні системи є нелінійними, тому що між членами суспільства може виникати каталітичний ефект. Тому флуктуації, що з'являються можуть підсилюватися суспільством. У вирішальні моменти історії ці нелінійні системи знаходяться в точках біфуркації, коли неможливо передбачити шлях їхнього подальшого розвитку.

У спецкурсі, наслідуючи ідеям В.І. Вернадського, розглядається еволюція біосфери і поняття ноосфери. «Живій речовині» належить істотна роль у круговороті речовини й енергії. Процеси в біосфері якісно і кількісно визначаються її живим компонентом. Останнім часом у результаті людської діяльності відбувається швидка перебудова природи. Якщо система знаходиться в стані близькому до нестійкої рівноваги, то навіть малі впливи можуть привести її до катастрофи. Тому час стихійного розвитку біосфери повинний замінитися часом керованого розвитку, епохою ноосфери.

У роботах В.І. Вернадського неодноразово вказувалося, що в існуючій природничонауковій картині світу відсутній аналіз космічного значення «живої» речовини. У той же час у другій половині двадцятого століття багатьма відомими фізиками обговорюється питання про те, які особливості фундаментальних взаємодій у процесі еволюції привели до появи життя, у тому числі розумного, тобто до появи здатної до самопізнання матерії. Тому при наявності часу бажано познайомити студентів з антропним принципом. Розглядаючи основні етапи еволюції Всесвіту можна показати, що його будова дуже чутлива до невеликого «ворушіння» фізичних констант. При дуже невеликій їхній зміні еволюція пішла б по шляху, на якому життя у відомій

нам формі не могла б виникнути.

Належить провести паралель між антропним принципом та думками В.І. Вернадського про неминучу появу розумних істот в процесі еволюції. Аналізуючи перебудову людським трудом біосфери, він стверджує, що це "...не есть случайное явление, зависящее от воли человека, но есть стихийный, природный процесс, корни которого лежат глубоко и подготавливались эволюционным процессом, длительность которого исчисляется сотнями миллионов лет.

Человек должен понять ..., что он не есть случайное, независимое от окружающего (биосферы или ноосферы) свободно действующее природное явление. Он составляет неизбежное проявление большого природного процесса, закономерно длящегося в течении по крайней мере двух миллиардов лет”.

#### Література

1. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, 1988.
2. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: Мысль, 1976.
3. Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. – М.: Наука, 1994.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

Т.И. Эфрос

г. Донецк, Донецкий национальный технический университет

Решение отдельных производственных задач требует усилий специалистов разного профиля. Иногда, в силу производственной необходимости, проблемы должны быть решены в крайне сжатые сроки и в тяжелых условиях. Любая небрежность или неточность при решении таких задач ведет к потере больших материальных ценностей и созданию чрезвычайной обстановки. По характеру работы инженеру чаще всего приходится решать различные производственные задачи: технологические, конструкторские, исследовательские. Умение решать задачи – профессиональное качество, необходимое для каждого инженера. Поэтому формирование умения решать задачи является одной из основных целей практических занятий по общенаучным и общеинженерным дисциплинам. Путь в профессию студента технического вуза начинается с понимания проблем своей области техники, овладения навыками инженерной деятельности, приобретения устойчивых умений и навыков решения задач. Чем раньше студенты начнут вырабатывать у себя такие важнейшие для дальнейшей учебы и работы умения, тем лучше они будут подготовлены к самостоятельной профессиональной деятельности.

Без преувеличения можно утверждать, что основы инженерного мышления формируются при изучении физики. Под инженерным мышлением понимается способность находить глубокие связи между математикой и физикой, с одной стороны, и различным применением этих наук – с другой; предвидеть возможность применения знаний на практике и превращать научные идеи в технические схемы, модели, конструкции. К сожалению, значительная часть студентов младших курсов считает, что профессиональные знания и умения они начнут приобретать только при изучении специальных дисциплин. Так думать – значит глубоко заблуждаться. Чем раньше они научатся добывать необходимые теоретические знания и приобретать практический опыт, тем лучше смогут подготовиться к будущей профессиональной дея-

тельности. Именно за время учебы в вузе студент должен выработать в себе индивидуальный стиль мышления. Развитию индивидуального творческого мышления способствуют самоорганизация, самоконтроль и саморегулирование в учебной деятельности. Чем раньше студенты начнут вырабатывать в себе эти очень важные качества, тем лучше они будут подготовлены к самостоятельной работе на производстве. Направленность своей учебной деятельности на самоорганизацию, самоконтроль, и саморегулирование учебной деятельности позволит студентам находить выход из тупика, характерного для «узких специалистов» на творческий простор, т.е. стать специалистом с широким кругозором, способным трезво оценить все возможные последствия и результаты своей трудовой деятельности, прежде чем они приведут к очередному удару по природе и людям.

Самостоятельность – одна из черт характера человеческой личности, находящая свое выражение в системе мышления, в умении управлять своими поступками, в выборе путей и средств решения, стоящих перед человеком задач. Именно от степени самостоятельности, инициативы и сознательного отношения к учебе зависят конечные результаты обучения, степень развития мышления, широта кругозора, способность к творческой работе. Поэтому основной целью учебной деятельности должно стать не только усвоение системы знаний, но и овладение рациональными приемами познавательной деятельности, которые потом очень понадобятся молодым специалистам в самостоятельной работе на производстве.

Для решения производственных задач нужны не только глубокие и прочные знания, но и умение применить их в нестандартных условиях, способность работать в коллективе и решать продуктивно задачи в крайне сжатые сроки. Перечисленные выше качества не врожденные, – их нужно долго, упорно и целенаправленно формировать в процессе учебы. Начинать эту работу необходимо на первом курсе, решая задачи на практических занятиях по физике, математике, химии и другим учебным дисциплинам. Глубокое и вдумчивое изучение этих предметов закладывает ту основу, без которой невозможно дальнейшее изучение специальных предметов по профилю выбранной студентами специальности. Именно при решении задач по физике студенты

должны научиться находить наиболее рациональный, короткий и правильный путь к решению любой задачи, что очень пригодится им в будущей работе при решении уже конкретных, порой достаточно сложных и запутанных производственных проблем. Чем раньше студенты начнут вырабатывать у себя такие важные для дальнейшей учебы и работы умения, тем лучше они будут подготовлены к самостоятельной профессиональной деятельности.

Решение любой физической задачи – это, прежде всего мыслительный процесс. Попытки найти решение задачи, даже если они не увенчались успехом, но предпринимались достаточно настойчиво, развивают мышление и укрепляют волю. Сила воли и трудолюбие играют решающую роль как в работе над задачами, так и вообще в жизни. Если при изучении физики будет предметом усвоения не только учебный материал, но и деятельность по решению задач, то это позволит студентам освоить общий подход к решению всех типов задач и овладеть умениями, необходимыми для решения производственных задач. Отсутствие умения решать задачи очень часто приводит к тому, что даже самые совершенные знания не находят применения, забываются и исчезают. Основоположник квантовой механики Макс Планк писал, что знание без умения не имеет значения.

Молодой инженер, попав на производство, сразу же столкнется с практическими задачами. Чтобы решить их, не имея еще на первых порах достаточного практического опыта, студентам надо еще во время обучения в вузе научиться творчески мыслить, уметь выделить главное, правильно выстроить последовательность всех этапов в решении задачи.

В результате решения учебной задачи студент никаких ценностей не создает. Поэтому для студента более важным является не ответ на поставленный в задаче вопрос, а сам процесс решения задачи. Решая задачи по физике очень важно развить в себе самостоятельность мышления. Начинать это нужно с самых простых задач уже на первом курсе, понимая, что осмысленно пройти весь путь решения задачи полезнее, чем механически списать у кого-то готовое решение. Иногда решение задач по физике вызывает затруднение даже у наиболее подготовленных студентов, так как самостоятельный поиск способа решения требует от че-

ловека не только глубоких знаний, но и проявления находчивости, целеустремленности и большого напряжения умственных способностей. Только при самостоятельном решении учебных задач труд студента может оказаться сравнимым с трудом инженера, и только таким образом можно приобрести умения и навыки для решения производственных задач.

Для овладения любым умением что-либо сделать прежде всего нужно осознанное желание научиться этому. Желание является важнейшим условием не только для приобретения умения решать задачи, но и для любой самостоятельной работы. Оно любое дело превращает в творческое, делает его любимым, соединяет воедино «хочу», «должен», «могу». Целеустремленное желание мобилизует внимание, повышает интерес, создает настроение выполнить работу. Но одного желания мало – нужно проявить еще упорство и настойчивость, чтобы это желание осуществилось. Очень часто непонимание учебного материала, неумение организовать самостоятельную работу происходит не из-за отсутствия способностей, сообразительности, хорошей памяти, а из-за недостатка внимания. Внимание (сосредоточенность и направленность сознания) – важнейшее условие успеха при выполнении любой работы, поскольку оно обеспечивает полноту и глубину зрительного восприятия, активность мышления, концентрацию волевых усилий. Человек может в значительной степени сформировать себя сам – если очень захочет. Но для этого нужно потрудиться и правильно организовать свой труд. А начинать нужно с малого: с самых первых шагов обучения на первом курсе при решении задач по физике.

Процесс решения задачи похож на небольшое исследование. Как и в настоящем научном исследовании, заранее не всегда ясно, какой должна быть последовательность действий для получения результата. Никаких универсальных рецептов для этого не существует. Необходимое умение приходит только в результате упорного труда по мере накопления опыта. Нельзя научиться решать задачи, только наблюдая за тем, как это делают другие.

Решение учебных и производственных задач отличаются по содержанию и цели, а по структуре решения, т.е. последовательности этапов решения – они одинаковы. При решении любой задачи необходимо выполнять четыре принципиально важных

этапа.

1. Анализ условия задачи.
2. Поиск способа решения и составление плана решения.
3. Осуществление решения, проверка правильности и его оформление.
4. Анализ процесса решения и полученного результата. Осмысление собственной деятельности при решении задачи и отбор информации, полезной для дальнейшей работы.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННОЙ КАРТИНЫ ОТ РЕШЕТКИ

С.П. Юдин, Е.А. Сизько, Н.В. Могилевская  
г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный  
университет

Все многообразие явлений дифракции света качественно объяснено Френелем на основе принципа Гюйгенса-Френеля с использованием зон Френеля.

Принцип Гюйгенса, основанный на двух положениях:

- каждая точка пространства, до которой дошла волна, становится источником вторичных сферических волн;
- огибающая поверхность вторичных сферических волн дает положение волновой поверхности в последующие моменты времени,

дополнен Френелем еще одним положением:

- вторичные сферические волны интерферируют друг с другом.

Результирующее колебание в точке наблюдения представляет собой суперпозицию колебаний от всех точек – источников вторичных волн. Вычисление амплитуды результирующего колебания представляет собой в общем случае чрезвычайно трудную задачу.

При изучении явлений дифракции в средней школе и в курсе общей физики технических вузов ограничиваются качественным рассмотрением явлений дифракции.

Если падающие лучи и лучи, идущие в точку наблюдения образуют параллельные пучки, то дифракцию называют дифракцией Фраунгофера. Для наблюдения дифракции в параллельных лучах ранее использовались собирающие линзы. Одну располагали перед точечным источником света на фокусном расстоянии от него, в фокальной плоскости второй собирающей линзы наблюдали дифракционную картину.

После оснащения физических лабораторий лазерами, которые дают узкие параллельные пучки когерентных лучей, появилась возможность наблюдения дифракции Фраунгофера непосредственно на экране без дополнительных линз.



В программе по физике в общеобразовательных школах отсутствует рассмотрение дифракции Фраунгофера от щели, что делает рассмотрение дифракционной решетки искусственным и формальным [1].

Участок волновой поверхности, вырезанный так, что разность хода лучей от границ участка составляет половину длины волны светового излучения, называют зоной Френеля. Если две соседние зоны Френеля имеют одинаковые размеры, то лучи от соответствующих точек этих зон при наложении дают минимум интенсивности в точке наблюдения.

Рассмотрим дифракцию Фраунгофера от одной щели шириной  $b$ .

Если для наблюдения из точки  $O$  (рис.1) волновая поверхность, ограниченная размерами щели меньше одной зоны Френеля, то в точке  $O$  будет наблюдаться максимум интенсивности вторичных световых волн. Для этого необходимо выполнение неравенства:

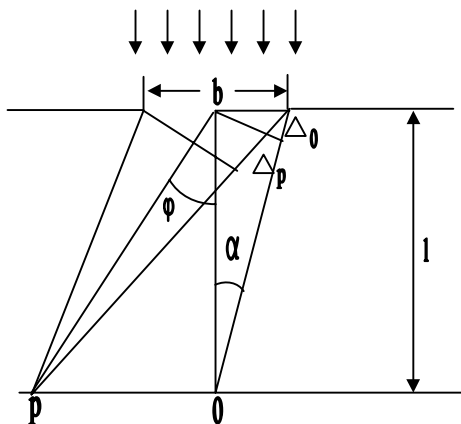


Рис. 1

$$\Delta_0 = (b/2) \sin \alpha \approx (b/2) \alpha < \lambda / 2.$$

Угол  $\alpha$  определяется расстоянием от щели до экрана  $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha = b/2l$ . Поэтому критерием дифракции Фраунгофера является неравенство  $b < \sqrt{2\lambda l}$ . В противном случае в точке  $O$  при увеличении размеров щели будут чередоваться максимумы и минимумы интенсивности. Это явление называют дифракцией Френеля.

В точках экрана  $P$ , для которых размер щели совпадает с размерами четного числа зон Френеля, амплитуда результирующего колебания обращается в нуль. Это реализуется при углах  $\phi$ , удовлетворяющих условию (рис. 1):

$$\Delta_p = b \sin \phi = \pm k \lambda \quad (k = 1, 2, 3, \dots).$$

При  $\Delta_p = \pm(k + 1/2)\lambda$  число зон будет нечетным. Световые лучи, исходящие из одной из них окажутся не компенсирован-

ными, так что в точке Р будет наблюдаться максимум интенсивности.

Количество минимумов интенсивности определяется отношением ширины щели  $b$  к длине волны  $\lambda$ . Модуль  $\sin \varphi$  не может превышать единицу, поэтому  $k_{\max} \leq b/\lambda$ . При  $b < \lambda$ , минимумов вообще не возникает. Можно найти [2] относительную интенсивность последовательных максимумов

$$I_0 : I_1 : I_2 : I_3 : \dots = 1 : \left(\frac{2}{3\pi}\right)^2 : \left(\frac{2}{5\pi}\right)^2 : \left(\frac{2}{7\pi}\right)^2 : \dots \quad (1)$$

Дифракционной решеткой называется совокупность одинаковых, отстоящих друг от друга на одно и тоже расстояние щелей. Расстояние  $d$  между серединами соседних щелей называется периодом решетки.

У дифракционной решетки появляется новое качество, когерентные лучи, идущие от соседних щелей могут усиливать или ослаблять друг друга. Разность хода лучей от соседних щелей равна  $\Delta = d \sin \varphi$ .

Для направлений, удовлетворяющих условию

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

колебания от отдельных щелей взаимно усиливают друг друга. Амплитуда результирующего колебания в соответствующей точке экрана увеличивается в  $N$  раз ( $N$  – число освещенных щелей дифракционной решетки). Эти максимумы называются главными, число  $m$  определяет порядок главного максимума.

Интенсивность света в главных максимумах пропорциональна квадрату количества щелей:

$$I_m = N^2 I_0,$$

где  $I_0$  – интенсивность света, создаваемая в направлении  $\varphi$  одной щелью.

Кроме минимумов, создаваемых отдельной щелью, в промежутках между главными соседними максимумами возникает по  $(N - 1)$  добавочному минимуму, для которых колебания от отдельных щелей взаимно погашают друг друга. Направление добавочных минимумов определяется условием:

$$d \sin \varphi = \pm (\lambda k') / N$$

( $k'$  принимает все целочисленные значения от 1 до целой части числа  $Nd/\lambda$ , кроме значений  $0, N, 2N, \dots$ ).

Между дополнительными минимумами располагаются сла-

бые вторичные максимумы. Число таких максимумов между двумя соседними главными максимумами равно  $N - 2$ . Интенсивность вторичных максимумов не превышает  $1/23$  интенсивности ближайшего главного максимума [2].

Количество наблюдаемых главных максимумов определяется условием

$$\sin \varphi_m \leq 1 \quad N = (2m_H + 1) - n_B,$$

где  $m_H$  – целая часть числа  $\lambda/d$ ,  $n_B$  – количество вырожденных максимумов. Вырожденным максимумом называется максимум, приходящийся на минимум интенсивности от одной щели. Это возможно, если  $d/b$  равно отношению двух целых чисел  $i$  и  $j$ , тогда главный максимум  $i$  – го порядка наложится на  $j$  – й минимум от одной щели, максимум  $2i$  – го порядка на  $2j$  – й минимум и т.д. В результате этого максимумы порядков  $i$ ,  $2i$ ,  $3i$  и т.д. будут вырожденными.

Для изучения дифракционной картины, возникающей на экране при падении на решетку параллельных лучей света, весьма полезным оказывается компьютерное моделирование явления дифракции.

Задавая параметры  $b$ ,  $d$ ,  $N$  и учитывая относительную интенсивность последовательных максимумов дифракции от одной щели (1) и относительную интенсивность вторичных и главных максимумов дифракционной решетки, строится зависимость интенсивности света от  $\sin \varphi$ . Эта программа позволяет рассматривать отдельные участки дифракционной картины в увеличенном виде, наблюдать за изменением картины при варьировании параметров  $b$ ,  $d$ ,  $N$ .

На рисунке 2 показан общий вид дифракционной картины, которую дает дифракционная решетка с числом щелей  $N = 3$ , для  $b = 4\lambda$ ,  $d = 8\lambda$ . Пунктирная кривая, проходящая через вершины главных максимумов, изображает интенсивность от одной щели, умноженную на  $N^2 = 9$ . Главные максимумы наблюдаются для углов  $\sin \varphi = \pm m/8$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ ). Главные максимумы порядка 2, 4, 6 вырожденные. Между главными максимумами расположены  $N - 1 = 2$  дополнительных минимума и по одному вторичному максимуму.

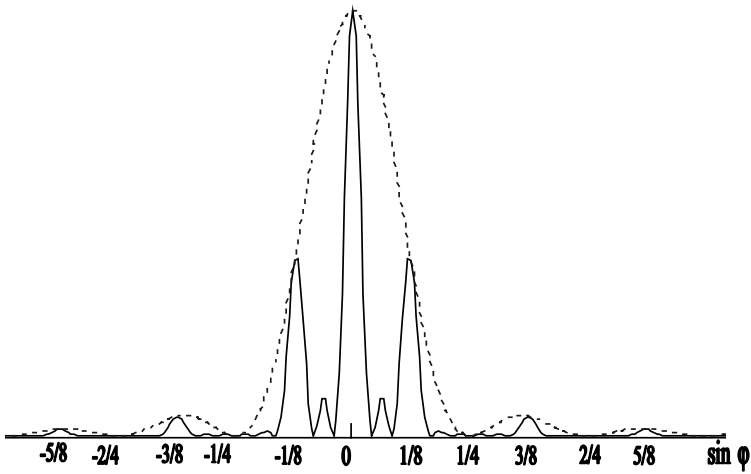


Рис. 2.

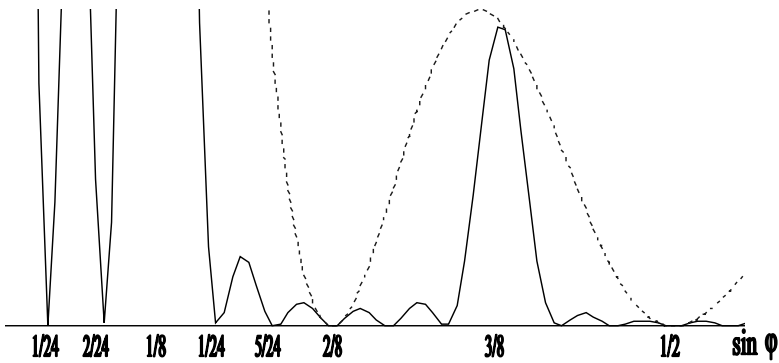


Рис.3.

На рисунке 3 приведен участок дифракционной картины для направлений  $1/24 < \sin \varphi \leq 1/2$ , в котором находится вырожденный максимум второго порядка. Возле вырожденного максимума ( $\sin = 1/4$ ) образуются два дополнительных вторичных максимума. Интенсивность вторичного максимума для направления  $1/24 < \sin \varphi < 2/24$  превышает интенсивность главного максимума в направлении  $\sin \varphi = 3/8$ .

Опыт использования компьютерного моделирования явле-

ния дифракции в курсе физики в Лицее информационных технологий при ДНУ и Физико-техническом институте ДНУ показывает значительную активизацию учеников и студентов, ускоренное освоение изучаемого материала.

#### Литература

1. Гончаренко С.У. Фізика 11. – Київ: Освіта, 1998. – 287 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики, Том Ш. – М.: Наука, 1971. – 528 с.

## ДО ПИТАННЯ ВИВЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ, ЯКІ ШИРОКО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В СУЧАСНІЙ НАУЦІ ТА ТЕХНІЦІ

О.В. Юрченко

м. Харків, Харківський державний педагогічний університет  
ім. Г.С. Сковороди

В шкільному курсі фізики учні знайомляться з основними законами природи і фізичними явищами, багато з яких широко використовуються на практиці. До таких явищ відноситься п'єзоелектричний ефект. Незважаючи на широке використання п'єзоефекту в різних галузях науки і техніки, в шкільному курсі фізики відомостей по п'єзоефекту, як одному з напрямків широкого використання властивостей кристалів, очевидно недостатньо.

В наш час знайшли широке використання прилади, принцип дії яких ґрунтується на використанні п'єзоефекту: різноманітні датчики в автоматичі і телемеханіці, віброметри, мікрофони, телефони, гідрофони, в техніці фізичного експерименту, в радіоелектроніці, зокрема, для стабілізації частоти в генераторах електричних коливань.

В генераторах, наприклад, зразок з кристала кварцу подібний до електричної коливальної системи, що має певну власну частоту, і в цьому розумінні може виконувати функції резонатора системи. Кварцовий резонатор має високу добротність внаслідок малих втрат ( $Q_q \sim (3 \dots 30)10^4$ ) і як результат цього має високу стабільність частоти власних коливань.

Кварцовий резонатор в колі генератора можна також розглядати як електричний еквівалентний контур, що складається з індуктивності, ємності й опору. При дії змінного електричного поля в кварцовій пластині виникає зворотний п'єзоефект, в результаті чого, крім звичайного струму зміщення, що проходить через ємність  $C_0$  виникає струм п'єзоефекту величина якого залежить від співвідношення частоти примушуючої ЕРС і власної частоти кварцової пластини. При співпаданні частот в кварцовій пластині виникає явище резонансу, і амплітуди як механічних, так і електричних коливань стають максимальними.

Враховуючи широке використання п'єзоефекту як фізичного явища в різних галузях науки і техніки і недостатність матеріалу в шкільному курсі фізики, пропонується ввести в курс фізики лабораторну роботу по практичному використанню п'єзоефекту в генераторах високостабільних коливань, дати відомості по практичному використанню джерел високостабільних коливань в різних галузях.

Лабораторну роботу пропонується виконати в наступній послідовності:

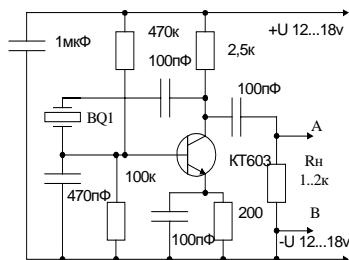


Рис. 1

1. Зібрати схему генератора за рис. 1.
2. Включенням джерела живлення подати напругу.
3. За допомогою частотоміра вимірити частоту коливань.
4. Вимірюючи частоту змінити напругу джерела живлення  $U$ , та опору навантаження  $R_n$ .
5. Розрахувати абсолютне відхилення частоти за формулою  $\Delta F = F_r - F$ .
6. Розрахувати відносну нестабільність частоти за формулою  $q = \frac{\Delta F}{F}$ .
7. Виключити джерело живлення генератора.
8. Замість кварцового резонатора BQ1 включити в схему LC контур.
9. Виконати всі дії пп. 1–7.
10. Порівняти відносну нестабільність частоти генераторів з кварцовим п'єзрезонатором та з LC контуром. Зробити висновки.

Поповнення учбового матеріалу такою лабораторною роботою розширить кругозір учнів, доповнить їх природну потребу в бажанні використовувати фізичні явища на практиці.

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ЭЙЛЕРА

С.А. Юхименко

г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный  
университет

Ученики старших классов, обучающиеся в кружках аэрокосмического объединения «Сузирье», а также школьники, выполняющие свои работы по аэрокосмической тематике в рамках Малой Академии Наук, сталкиваются с необходимостью описания траектории летательных аппаратов. Как правило, они довольно легко и с большим интересом определяют положение свободного твердого тела с помощью углов Эйлера. Однако использование углов Эйлера приводит к особенностям в кинематических уравнениях, не отмеченным не только в справочной литературе [1], но и в стандартных вузовских учебниках [2, 3].

В данной работе подчеркивается важность выделения указанных особенностей кинематических уравнений для более глубокого изучения теоретического материала и стимулирования развития познавательной деятельности школьников.

Известно, что положение тела в данный момент времени определяется связанной с ним подвижной системой координат  $OX'Y'Z'$  относительно неподвижной системы  $OXYZ$ , задаваемой с помощью трех вращений с определенной их последовательностью. Обычно используют две последовательности вращений: поворот на углы Эйлера и поворот на углы Крылова.

Рассмотрим эйлеровскую последовательность трех плоских поворотов, переводящую неподвижную систему координат в систему, задающую ориентацию летательного аппарата. Первый поворот в этой последовательности совершается вокруг оси  $OZ$  на угол прецессии  $\varphi$ , второй поворот – вокруг оси  $OX_1$  на угол нутации  $\psi$  и, наконец, третий поворот – вокруг оси  $OZ'$  на угол чистого вращения  $\theta$ .

Тогда компоненты вектора угловой скорости,  $\vec{\omega}(t)$ , спроектированного на оси неподвижной системы  $OXYZ$ , задаются формулами:

$$\omega_x(t) = \dot{\psi} \cos \varphi + \dot{\theta} \sin \psi \sin \varphi,$$



$$\begin{aligned}\omega_y(t) &= \dot{\psi} \sin \varphi - \dot{\theta} \sin \psi \cos \varphi, \\ \omega_z(t) &= \dot{\varphi} + \dot{\theta} \cos \psi,\end{aligned}\tag{1}$$

где точкой обозначено дифференцирование по времени.

Обращение этих уравнений приводит к кинематическим уравнениям Эйлера

$$\begin{aligned}\dot{\psi} &= \omega_x \cos \varphi + \omega_y \sin \varphi, \\ \dot{\theta} &= (\omega_x \sin \varphi - \omega_y \cos \varphi) \operatorname{cosec} \psi, \\ \dot{\varphi} &= \omega_z - (\omega_x \sin \varphi - \omega_y \cos \varphi) \operatorname{ctg} \psi.\end{aligned}\tag{2}$$

Очевидно, система (1) может быть разрешена относительно  $\dot{\varphi}, \dot{\psi}, \dot{\theta}$  если ее определитель, равный  $\sin \psi$ , не обращается в нуль. Если  $\psi = k\pi$  ( $k=0, 1, 2, \dots$ ), система становится необратимой, что соответствует условной потере одной степени свободы при совпадении осей вращения  $\varphi$  и  $\theta$ , и как следует из уравнений (2), при приближении к точке  $\psi = k\pi$  скорости изменения углов  $\varphi$  и  $\theta$  могут устремляться к бесконечности.

Аналогичным образом рассматривается и последовательность трех поворотов на углы Крылова. При этом задается следующая последовательность вращений: вокруг оси OZ на угол курса  $\varphi$ , затем вокруг оси OY<sub>1</sub> на угол крена  $\psi$  и, наконец, вокруг оси OX' на угол тангажа  $\theta$ .

При такой последовательности поворотов система (1) переходит в систему

$$\begin{aligned}\omega_x &= \dot{\theta} \cos \varphi \cos \psi - \dot{\psi} \sin \varphi, \\ \omega_y &= \dot{\theta} \cos \psi \sin \varphi + \dot{\psi} \cos \varphi, \\ \omega_z &= \dot{\varphi} - \dot{\theta} \cos \psi\end{aligned}\tag{3}$$

и кинематические уравнения принимают вид

$$\begin{aligned}\dot{\psi} &= \omega_y \cos \varphi - \omega_x \sin \varphi, \\ \dot{\theta} &= (\omega_y \sin \varphi + \omega_x \cos \varphi) \operatorname{sec} \psi,\end{aligned}\tag{4}$$

$$\dot{\varphi} = \omega_z + (\omega_x \cos \varphi + \omega_y \sin \varphi) \operatorname{tg} \psi.$$

Как и в предыдущем случае, при приближении к точке  $\psi = (2k+1)\pi/2$  скорости (4) изменения углов  $\varphi$  и  $\theta$  могут устремляться к бесконечности, хотя сами угловые скорости  $\omega_i$  остаются конечными.

С математической точки зрения, как было уже отмечено, существование указанной особенности кинематических уравнений связано с вырождением систем (1) и (3) в случае равенства нулю их определителей. Но этому можно придать и наглядную инженерно-техническую интерпретацию. Учитывая, что любая система углов моделирует, по существу, некоторый карданов подвес, такое вырождение кинематических уравнений происходит как раз при тех значениях углов, когда рамки подвеса складываются.

Таким образом, в кинематических уравнениях Эйлера существуют особые точки, в которых скорости изменения углов могут стремиться к бесконечности, тогда как сами скорости остаются конечными. Следует подчеркнуть, что это не вызвано реальными физическими ограничениями, накладываемыми на угловые движения, а скорее следствие не вполне удобного математического описания.

Опыт показывает, что выделение указанных особенностей кинематических уравнений, как один из элементов проблемного обучения, способствует более глубокому изучению теоретического материала, стимулирует у школьников как развитие познавательной деятельности, так и готовности к творческому отношению к своей будущей профессии.

#### Литература:

1. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1968.
2. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Ч II. – М.: Наука, 1966.
3. Остославский И.В., Стражева И.В. Динамика полета. Траектории летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1969.

## Зміст

<i>С.С. Авотин, Ю.Е. Прохоряттов.</i> Компьютерное моделирование явления дифракции микрочастиц .....	3
<i>Н.И. Афанасьева, І.П. Кенєва, Ю.П. Мінаєв.</i> Термінологічна контрольна робота з молекулярної фізики та термодинаміки .....	5
<i>А.А. Безлепкин, С.П. Кунцевич, В.П. Палехин.</i> Демонстрация особенностей ям спектров в магнитоупорядоченных телах.....	11
<i>А.В. Безуглый, В.В. Калинин, Д.В. Калинин.</i> Разработка компьютерного учебного пособия на примере разделов современной физики.....	14
<i>Б.І. Бешевлі, О.В. Кіричук, С.В. Сімволокова.</i> Системний контроль знань та умінь, як метод активізації навчального процесу	18
<i>Б.І. Бешевлі, Л.В. Сулименко, В.В. Сергієнко.</i> Взаємозв'язок різних систем оцінки знань .....	22
<i>Г.М. Бойко, О.П. Ващенко.</i> Місце та роль курсових робіт з астрономії в професійній підготовці вчителів фізики .....	25
<i>А.С. Бойко, В.Н. Кадченко.</i> Динамические компьютерные модели явлений поляризации света .....	31
<i>В.І. Бойчук, В.Г. Григорович, Р.І. Лукін.</i> Комп'ютерні моделі енергетичного спектру електрона .....	38
<i>В.І. Бурак.</i> Порівняння різних варіантів вивчення магнітних явищ у восьмих класах фізико-математичного профілю .....	46
<i>Б.М. Валійов, В.С. Волкодав, В.Д. Єгоренков.</i> Злиття та розпад крапель .....	52
<i>К.Ю. Васильев, А.В. Кривилёв, Ю.В. Максименко, О.А. Смирных.</i> Свойства и применение уединенных волн .....	57
<i>Ю.М. Галатюк, А.В. Рибалко.</i> Керування пізнавальною діяльністю учнів за допомогою навчально-діагностичних завдань	61
<i>В.Н. Говоруха.</i> Теория взаимодействия .....	69
<i>В.Б. Гого, Л.Г. Сергієнко.</i> Методичні аспекти викладання фізики майбутнім інженерам.....	77
<i>В.Н. Горбач, А.А. Волгин.</i> Петли гистерезиса одноосных ферромагнетиков .....	82
<i>В.Н. Горбач, А.А. Волгин.</i> Учебный компьютерный эксперимент в волновой оптике .....	86
<i>Т.П. Гордиенко, И.М. Лагунов.</i> Программно-лабораторный комплекс как вид программированного обучения .....	89
<i>А.Г. Григорович, О.В. Заяць, Р.М. Хлопик.</i> Формування творчої	

особистості в процесі вивчення предметів фізико-математичного циклу в Дрогобицькому педагогічному ліцеї.....	95
<i>В.Г. Григорович, Р.І. Лукачек.</i> Комп'ютерне моделювання механічних явищ.....	99
<i>Л.В. Гурова.</i> Розвиток творчих здібностей обдарованих дітей засобами фізики.....	103
<i>С.О. Даньшева, Г.Н. Подус, Е.Г. Копанец.</i> Использование физических компьютерных расчетов при организации самостоятельной работы студентов.....	105
<i>О.І. Денисенко.</i> Застосування комп'ютерної техніки при викладанні фізики.....	108
<i>В.Д. Дідух, Д.М. Москаль, Р.Б. Ладика, В.П. Марценюк, В.І. Кульчицький, І.М. Лашкевич.</i> Особливості викладання лекційного курсу і проведення лабораторно-практичних занять на кафедрі медичної інформатики з курсом фізики та спецобладнання ТДМА.....	111
<i>Г.П. Дмитриченко.</i> Принцип інтегративності в особистісно-орієнтованій освіті.....	114
<i>С.М. Єгорова, Т.М. Попова.</i> Методика вивчення миттєвих фізичних величин за допомогою елементів математичного аналізу при викладанні механіки.....	117
<i>Г.Г. Злобін, В.Ф. Петрів, П.А. Риковський, Ю.С. Мочульський, Л.А. Синицький.</i> Використання програми інтегрування алгебро-диференційних рівнянь DS0 і програми моделювання електронних кіл LAB у курсі “Теорія коливань і хвиль”.....	125
<i>В.О. Ківа.</i> Технічні засоби навчання фізики.....	134
<i>К.М. Козіна.</i> Міжпредметні зв'язки української мови та літератури з фізикою.....	136
<i>О.А. Коновал.</i> Властивості струмів зміщення.....	138
<i>М.П. Коркіна, А.Н. Туринов.</i> О применении рейтинга в курсах теоретической физики.....	146
<i>С.М. Костарева.</i> Особистісно-зорієнтований підхід до вивчення фізики.....	149
<i>В.С. Кривцов, А.П. Кислицын, А.А. Таран.</i> Адаптационный курс физики в высшем техническом учебном заведении (цель и результат).....	151
<i>Ю.Є. Крот.</i> Методичні особливості викладання фізики атома на основі її історії.....	155

<i>Я.А. Кумченко.</i> Методическое обоснование необходимости изложения альтернативных взглядов в курсе физики на примере атома Шредингера.....	160
<i>Я.А. Кумченко.</i> Единая резонаторная природа силового взаимодействия в микро- и макромире: альтернативная теория.....	162
<i>Я.А. Кумченко.</i> Альтернативная резонаторная теория силовых взаимодействий в макромире: устойчивость вселенной и её энергетика на примере Солнечной системы .....	178
<i>Ю.А. Курбатов, Г.П. Половина.</i> Використання неінерційних систем відліку в курсі фізики середньої школи.....	183
<i>С.П. Куриленко, О.В. Сергєєв.</i> Розвиток теорії навчання фізики як інтегративний процес .....	188
<i>Г.Л. Куцина.</i> Використання засобів математики та фізики в умовах проблемного навчання на уроках хімії у 8-11 класах та в позаурочний час .....	199
<i>Ю.І. Луценко.</i> Підвищення економічності функціонування силових електромагнітів .....	201
<i>В.Н. Макидон.</i> Эстетическое воспитание на уроках физики.....	208
<i>Є.Б. Малець, О.М. Мялова, В.М. Сергєєв.</i> Деякі аспекти комплексного контролю знань з фізики .....	213
<i>М.М. Медюх.</i> Про деякі фізичні терміни та означення фізичних явищ і величин.....	216
<i>Р.М. Менумеров, С.А. Зубенко, О.В. Зубенко.</i> Особенности расчета сил взаимодействия распределенных электрических зарядов тел сложной геометрической формы .....	219
<i>І.Г. Мірошниченко.</i> Використання комп'ютерних технологій для вивчення навчальної радіоелектронної апаратури.....	224
<i>Ю.М. Нікіфоров, А.В. Пундик.</i> До питання викладання фізики на традиціях вітчизняної наукової школи .....	229
<i>В.И. Опришко.</i> Эвристическая роль механических аналогий и моделей в классической физике .....	232
<i>О.Ю. Орлянский, С.А. Уланов.</i> Использование магнита для определения удельного сопротивления металлов .....	241
<i>М.В. Остапчук, Ю.М. Галатюк.</i> Використання навчальних завдань для формування системності завдань учнів.....	247
<i>Ю.А. Пасічник.</i> Застосування телекомунікаційних технологій при викладанні фізики .....	255
<i>С.В. Повар.</i> З досвіду інтеграції знань з фізики і математики у	

позаурочній роботі.....	258
<i>Г.П. Половина, В.О. Ківа.</i> Роль творчих робіт у розвитку креативності учня .....	264
<i>М.Н. Половина, Р.С. Тутік.</i> Зауваження до викладання законів для ідеальних газів .....	267
<i>М.Н. Половина, Р.С. Тутік.</i> Елементи узагальнення при вивченні кінематики.....	269
<i>Є.Г. Попов.</i> Викладання фізики англійською мовою.....	272
<i>І.М. Пустинникова, Г.В. Камуз.</i> Використання структурування знань предметної галузі за допомогою методів штучного інтелекту при вивченні фізики.....	276
<i>Д.Ю. Путилов, В.Н. Кадченко.</i> Компьютерные демонстрации по кристаллографии .....	281
<i>В.С. Савчук.</i> Деякі проблемні питання викладання теми “Електромагнітне випромінювання” і роль викладача в розкритті цих питань.....	288
<i>С.І. Саричева.</i> Діагностика відставання учнів у навчанні фізиці та способи його усунення .....	293
<i>О.В. Сергєєв, Н.Л. Сосницька.</i> Передісторія шкільного підручника з фізики .....	297
<i>О.В. Снісаренко.</i> Випереджаюче навчання в шкільному курсі фізики .....	305
<i>В.В. Соловійов, Л.П. Давиденко, В.І. Міщенко.</i> Оглядова лекція з фізики як засіб формування наукового світогляду студентів....	307
<i>І.О. Теплицький.</i> Комп’ютерне моделювання механічних рухів у середовищі електронних таблиць .....	310
<i>В.Ф. Ушаков.</i> Використання біофізики та інформатики для ранньої діагностики якості освітньо-професійної підготовки лікарів.....	323
<i>В.Ф. Ушаков, О.И. Иванова.</i> Теоретические и методические особенности изучения физики в высшем медицинском учебном заведении.....	325
<i>В.Ф. Ушаков, О.И. Иванова, О.З. Фоменко, Т.А. Киселева.</i> Методические особенности изучения физики на подготовительном отделении высшего медицинского учебного заведения.....	328
<i>В.І. Цоцко.</i> Деякі аспекти діалогового викладання фізики.....	332
<i>А.Н. Шабалин, И.В. Вах.</i> Психолого-педагогические аспекты разработки методики преподавания физики с учетом неодинаковой первоначальной подготовки студентов.....	335

<i>Е.Я. Швеи, Н.В. Свитанько, И.И. Филиппенко, А.С. Король.</i> Компьютерный обучающий курс физики.....	338
<i>Е.Я. Швеи, Т.Н. Точилина, И.И. Филиппенко, Ю.С. Оселедчик.</i> Метод безальтернативного тестирования в курсе физики.....	343
<i>Е.Я. Швеи, Н.Н. Турба.</i> Методика комплексного компьютерного контроля обучения слушателей факультета довузовской подготовки.....	347
<i>Е.Я. Швеи, И.И. Филиппенко, Т.Н. Точилина, А.С. Король, Ю.С. Оселедчик.</i> Полирейтинговая модульная система обучения по физике .....	351
<i>Л.С. Шуригина, Є.Г. Шуригін.</i> Еволюція як трансдисциплінарна категорія.....	357
<i>Т.И. Эфрос.</i> Решение задач как средство развития творческих способностей студентов .....	363
<i>С.П. Юдин, Е.А. Сизько, Н.В. Могилевская.</i> Компьютерное моделирование дифракционной картины от решетки .....	368
<i>О.В. Юрченко.</i> До питання вивчення фізичних явищ, які широко використовуються в сучасній науці та техніці.....	374
<i>С.А. Юхименко.</i> Об особенностях кинематических уравнений Эйлера .....	376

Наукове видання

**Теорія та методика навчання  
математики, фізики, інформатики**

**В 3-х томах**

**Том 2**

Підп. до друку 04.04.2001  
Бумага офсетна №1  
Ум. друк. арк. 20,24

Формат 80x84 1/16.  
Зам. №4-0401  
Наклад 500 прим.

Видавничий відділ Національної металургійної академії України  
КДПУ, 50086, Кривий Ріг-86, пр. Гагаріна, 54

---

E-mail: cc@kpi.dp.ua