

Міністерство освіти та науки України
Національна металургійна академія України

Теорія та методика
навчання математики,
фізики, інформатики

Збірник наукових праць
Випуск VIII

Том 2

Кривий Ріг
Видавничий відділ НМетАУ
2010

Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. Випуск VIII : в 3-х томах. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2010. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – 392 с.

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

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

Редакційна колегія:

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

М.І. Жалдак, доктор педагогічних наук, професор, акад. АПН України

Ю.С. Рамський, кандидат фізико-математичних наук, професор

В.І. Клочко, доктор педагогічних наук, професор

С.А. Раков, доктор педагогічних наук, професор

Ю.В. Триус, доктор педагогічних наук, професор

П.С. Атаманчук, доктор педагогічних наук, професор

В.Ю. Биков, доктор технічних наук, професор, чл.-кор. АПН України

О.Д. Учитель, доктор технічних наук, професор

І.О. Теплицький, кандидат педагогічних наук, доцент (відповідальний редактор)

С.О. Семеріков, кандидат педагогічних наук, доцент (відповідальний редактор)

Рецензенти:

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

А.Ю. Ків – д-р фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри фізичного та математичного моделювання Південноукраїнського національного педагогічного університету ім. К.Д. Ушинського (м. Одеса)

Друкується згідно з рішенням ученої ради Національної металургійної академії України, протокол №7 від 5 березня 2010 р.

ISBN 966-8417-20-2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗЛОЖЕНИЯ РАЗДЕЛА «СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫЕ ЗАДАЧИ» В КУРСЕ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»

В.Л. Алексенко, А.К. Казанчан, А.А. Молчанов
г. Херсон, Херсонский государственный морской институт
aleksenko-vl@yandex.ru

Введение. Задачи механики деформируемого тела – *статически неопределимы*, так как уравнений механики твёрдого тела недостаточно для определения параметров напряженно-деформированного состояния. Поэтому уравнения равновесия дополняют зависимостями, вытекающими из условий совместности деформаций и физических соотношений между деформациями и внутренними усилиями. После чего появляется формальная возможность решить всю полученную систему уравнений и найти сразу все *группы неизвестных* (и усилия и деформации). На практике предварительно преобразуют (разрешают) указанную систему либо относительно неизвестных силовых факторов, либо неизвестных перемещений (так называемых *основных неизвестных*) и получают или *уравнения в усилиях (напряжениях)* или *уравнения в перемещениях (деформациях)*. При определённых условиях (выделение из расчётной схемы задачи уже достаточно исследованной – так называемой *основной системы*) получаем известные в строительной механике *метод сил* и *метод перемещений (деформаций)*. Целесообразность использования того или иного метода определяется в итоге трудоёмкостью расчёта, пропорциональной количеству основных неизвестных.

Состояние вопроса. Для большинства инженерных специальностей на освоение курса сопротивления материалов отводится от семестра до двух, на чём собственно и заканчивается изучение цикла прочностных наук. И лишь для некоторых строительных, аэрокосмических и кораблестроительных специальностей дополнительно читаются более полные курсы (ещё 1–6 семестров – основы теории упругости и пластичности, статика и динамика стержневых систем, пластин и оболочек, а также специфические для каждой отрасли разделы).

В любом случае аудиторная нагрузка сокращается в пользу увеличения самостоятельной работы студентов, а с другой стороны, фундаментальную науку теснят дисциплины, вызывающие сомнение в их пользе для будущих инженеров.

В курсах сопротивления материалов знакомство с решением статически неопределимых задач ограничивается, как правило, использованием уравнений в усилиях и метода сил [3] при замалчивании других пу-

тей синтеза (метода деформаций и смешанного метода). Последнее, вероятно, оправдано при первом знакомстве с этой простейшей наукой из цикла прочностных. Однако в ряде случаев уже на этапе анализа первых задач представляется возможность без особого труда указать альтернативные пути раскрытия статической неопределенности.

Цель методической разработки. С точки зрения авторов целесообразно ознакомить студентов как с методом сил, так и с методом перемещений уже при освоении раздела «*Растяжение – сжатие*», а так же использованием *статически неопределимых основных систем* в методе сил при расчёте статически неопределимых балок и в условиях дефицита аудиторного времени подготовить будущих специалистов к самостоятельному творческому освоению прогрессивных методов конструирования и расчёта (например, программных комплексов *метода конечных элементов* базирующихся преимущественно на методе перемещений [1]).

Методические рекомендации. Начиная излагать курс сопротивления материалов, необходимо отметить его общие методологические основы как науки: *абстракция, анализ и синтез, феноменологический подход*. Следует подчеркнуть статическую неопределенность задачи сопротивления материалов вообще и отмечать этот факт при изучении каждой простой деформации, обращая внимание на общую методику решения всех статически неопределимых задач.

Анализ статически неопределимой задачи всегда идет по одной и той же схеме: три стороны задачи – статическая, геометрическая (кинематическая), физическая (*закон деформирования*: линейные или нелинейные зависимости между усилиями и деформациями). Последовательность их рассмотрения обычно произвольная.

Синтез же зависимостей, найденных при анализе можно провести тремя путями.

- 1) Исключить деформации (перемещения) – получить разрешающие уравнения в напряжениях (усилиях).
- 2) Исключить усилия (напряжения) – получить разрешающие уравнения в перемещениях (деформациях).
- 3) Смешанный метод, который применяется редко.

Первое знакомство студентов со статически неопределимыми задачами происходит при завершении изучения раздела *растяжение – сжатие*. Начинают, с какой либо относительно простой задачи, как правило, один раз статически неопределимой. Далее следует обычная цепочка рассуждения: количество неизвестных реакций превышает число уравнений равновесия (статическая сторона задачи, понятие степени статической неопределенности), для составления дополнительных урав-

нений предлагается рассмотреть упругую систему в деформированном состоянии (кинематическая и физическая стороны). И, наконец, синтез за редкими исключениями в направлении замены деформаций в уравнениях совместности силовыми факторами.

Ниже, на примерах обобщающих некоторые классы задач [2], предлагается методика параллельного ознакомления студентов с основными способами раскрытия статической неопределённости: решениями в усилиях и в целом более эффективными [1, 68] решениями в перемещениях (выше уже отмечено, что при определённых условиях приходят к методу сил и методу перемещений в канонической форме).

Рассмотрим две задачи, для которых применение метода перемещений в ряде случаев предпочтительно и задачу, в которой за счёт использования статически неопределимой основной системы метод сил сравнивается в эффективности с методом перемещений (в каждом примере своя нумерация рисунков и формул).

Пример №1

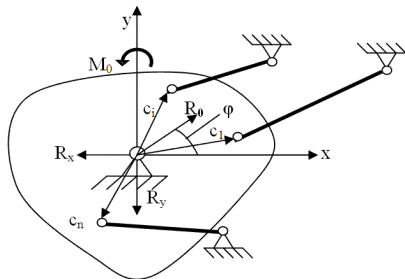


Рис. 1. Расчетная схема

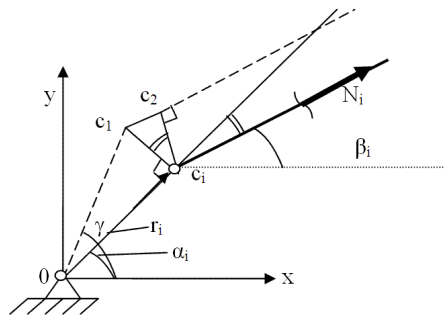


Рис. 2. План перемещений

Абсолютно жесткий диск шарнирно закреплен в точке O и удерживается от поворота n упруго-деформируемыми стержнями. К диску приложена система сил действующая в плоскости XOY имеющая относительно центра приведения O главный вектор R_0 и главный момент M_0 . Требуется найти усилия в стержнях N_i ($i=1, 2, \dots, n$) при $n>1$ (при $n=1$ задача статически определима) и составляющие реакции в шарнире R_x и R_y .

Анализ задачи. Для удобства изобразим отдельно только i -й удерживающий стержень до и после деформации (рис. 2)

1 Статическая сторона задачи

Уравнения равновесия статики запишутся:

$$\begin{aligned}
\sum F_x = 0: & \quad R_x = R_0 \cos \varphi + \sum_{i=1}^n N_i \cos \beta_i \\
\sum F_y = 0: & \quad R_y = R_0 \sin \varphi + \sum_{i=1}^n N_i \sin \beta_i \\
\sum M_0 = 0: & \quad \sum_{i=1}^n N_i r_i \sin(\alpha_i - \beta_i) = M_0
\end{aligned} \tag{1}$$

2 Геометрическая сторона задачи. Из плана перемещений (рис. 2) следует: $\angle c_1 c_2 = \alpha_i - \beta_i$; $\Delta l_i = \bar{c}_1 \bar{c}_2$ следовательно,

$$\Delta l_i = r_i \gamma \sin(\alpha_i - \beta_i); \quad i = 1, 2, \dots, n, \tag{2}$$

где R_i – модуль радиус-вектора шарнира c_i , соединяющего i -й стержень с диском, γ – неизвестный угол поворота абсолютно жесткого диска, обусловленный деформацией стержней.

3 Физическая сторона задачи

Полагая деформации стержней линейно – упругими, имеем:

$$N_i = f_i \Delta l_i, \tag{3}$$

где $f_i = E_i A_i / l_i$, $\tag{4}$

E_i , A_i и l_i – соответственно модуль Юнга, площадь поперечного сечения и длина i -го стержня.

Линейная система 3-х уравнений (1), n уравнений (2) и n уравнений (3) (всего $3+2n$ уравнений) содержит неизвестные R_x , R_y , γ , Δl_i , N_i количество которых также $3+2n$. Следовательно, решая совместно систему (1), (2), (3), можно с учетом принятых допущений однозначно определить все неизвестные и оценить прочность и жесткость заданной упругой системы.

4 Синтез полученных зависимостей

Здесь можно пойти 2-мя путями.

а) Решение в усилиях

Составляем взамен (2) соотношения:

$$\frac{\Delta l_i}{\Delta l_k} = \frac{r_i \sin(\alpha_i - \beta_i)}{r_k \sin(\alpha_k - \beta_k)} \tag{2A}$$

и этим исключаем из рассматриваемой системы неизвестную угловую деформацию γ .

Таких соотношений, где бы не повторялись пары i, k , можно составить $n-1$. Далее, в (2a) на основании (3) выразим абсолютные деформации Δl_i через N_i

$$\frac{N_i}{N_k} = \frac{f_i r_i \sin(\alpha_i - \beta_i)}{f_k r_k \sin(\alpha_k - \beta_k)} \tag{26}$$

Совместно решаем систему 3-х уравнений (1) и $n-1$ уравнений (26)

(всего $n+2$ уравнений), что позволяет определить R_x , R_y , и N_i .

Недостаток метода – при большом числе удерживающих стержней необходимо решать систему линейных уравнений высокого порядка. В этом случае эффективно применение метода деформаций (перемещений).

б) Решение в деформациях

Из исходной разрешающей системы уравнений (1), (2) и (3) исключаем усилия в стержнях N_i . Для этого подставляя (2) в (3) получим

$$N_i = f_i r_i \gamma \sin(\alpha_i - \beta_i); \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Подставив (4) в последнее из уравнений (1) найдем угол поворота абсолютно жесткого диска:

$$\gamma = M_0 / \sum_{i=1}^n f_i r_i^2 \sin^2(\alpha_i - \beta_i) \quad (5)$$

Далее, по формулам (4) с учетом найденного γ определяем усилия в стержнях N_i , после чего из первых двух уравнений системы (1) находим составляющие реакции в шарнире R_x , R_y (они могут потребоваться для расчета прочности шарнирного устройства).

В данной задаче метод перемещений имеет явные преимущества перед методом сил при $n > 2$, главным образом за счет отсутствия необходимости решения системы уравнений высокого порядка.

Пример №2

Рассмотрим стержневую систему (рис. 1) в которой n стержней соединены шарнирно одним концом в одном узле O , а другими концами прикреплены к шарнирно-неподвижным опорам.

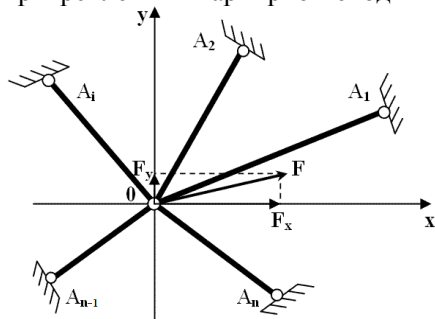


Рис. 1. Расчётная схема

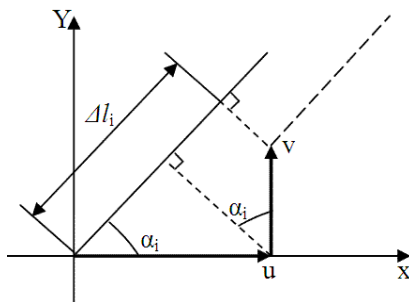


Рис. 2. План перемещений

Погонные жесткости стержней – $f_i = E_i A_i / l_i$, $i = 1, 2, \dots, n$, где E_i , A_i , l_i – соответственно модуль Юнга, площадь поперечного сечения и длина i -го стержня. Ось i -го стержня и координатная ось Ox образуют угол α_i . В узле O приложена сосредоточенная сила F проекции на оси которой F_x

и F_y .

Анализ задачи

1 Статическая сторона

Уравнения равновесия узла О можно представить в виде

$$\sum_{i=1}^n N_i \cos \alpha_i = -F_x; \quad \sum_{i=1}^n N_i \sin \alpha_i = -F_y \quad (1)$$

Следовательно, при $n=2$, если оба стержня не лежат на одной прямой, система геометрически неизменяема и статически определима.

При $n>2$ система статически неопределима. Степень статической неопределимости $S=n-2$. В последнем случае для определения усилий в стержнях необходимо учесть их деформативность.

2 Кинематическая сторона задачи

Под действием нагрузки F стержни деформируются и узел О получает перемещение, проекции которого на оси X и Y u и v соответственно (рис. 2). Откуда абсолютная деформация i -го стержня:

$$-\Delta l_i = u \cos \alpha_i + v \sin \alpha_i \quad (2)$$

3 Физическая сторона задачи

Полагая деформации линейно-упругими, имеем

$$\Delta l_i = N_i / f_i, \quad \text{где } f_i = E_i A_i / l_i, \quad (3)$$

Таким образом, для отыскания n неизвестных усилий N_i , n неизвестных деформаций Δl_i и двух компонент перемещения узла u и v (всего $2n+2$ неизвестных) получено 2 уравнения равновесия (1), n геометрических соотношений (2) и n физических уравнений (3) (всего $2n+2$ уравнений). Следовательно, система $2n+2$ линейных уравнений относительно $2n+2$ неизвестных позволяет однозначно их определить.

4 Синтез полученных зависимостей

а) Решение в усилиях

Предварительно преобразуем геометрическое условие (2), включающее и абсолютные деформации стержней и перемещения узла к виду, где перемещения исключены

$$\Delta l_k \sin(\alpha_i - \alpha_j) + \Delta l_i \sin(\alpha_j - \alpha_k) + \Delta l_j \sin(\alpha_k - \alpha_i) = 0 \quad (4)$$

являющемуся условием совместности деформаций для каждой тройки $k \neq i \neq j$ стержней рассматриваемой системы.

Подставляя (3) в (2а), получаем $n-2$ дополнительные линейные однородные уравнения относительно неизвестных усилий в стержнях

$$N_k \sin(\alpha_i - \alpha_j) / f_k + N_i \sin(\alpha_j - \alpha_k) / f_i + N_j \sin(\alpha_k - \alpha_i) / f_j = 0 \quad (5)$$

Решая совместно линейную систему, состоящую из 2-х уравнений (1) и $n-2$ уравнений (5) определяем n неизвестных усилий N_i и по формулам (3) Δl_i .

б) *Решение в перемещениях*

В данном случае удобно за основные неизвестные принять перемещения узла О. Для этого необходимо в рассматриваемой системе предварительно исключить неизвестные усилия N_i и деформации Δl_i .

Подставляя (2) в (3), найдем

$$N_i = -f_i(u \cos \alpha_i + v \sin \alpha_i) \quad (4)$$

Подставляя (4) в (1), получим

$$a_{11}u + a_{12}v = -F_x; \quad a_{21}u + a_{22}v = -F_y, \quad (5)$$

где

$$a_{11} = \sum_{i=1}^n f_i \cos^2 \alpha_i \quad a_{22} = \sum_{i=1}^n f_i - a_{11} \quad (6)$$

$$a_{12} = a_{21} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n f_i \cos^2 \alpha_i$$

Решая (5), находим искомые перемещения u и v , а по формулам (2) и (3) абсолютные деформации Δl_i и усилия N_i в стержнях.

Как и в предыдущей задаче, решение в перемещениях предпочтительно при числе стержней $n > 4$.

Пример №3

На рис. 1 изображена двухпролётная неразрезная балка концы которой жестко защемлены. Балка трижды статически неопределима (например за лишние неизвестные можно принять 3 опорных момента) и один раз кинематически неопределима (для обращения в кинематически определенную необходимо в сечении над средней опорой наложить дополнительную связь 1-ого рода, исключаяющую его поворот).

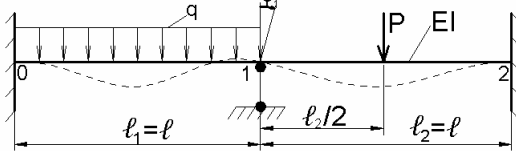


Рис. 1. Статически неопределимая балка

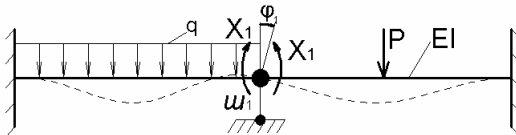


Рис. 2. Эквивалентная система метода сил

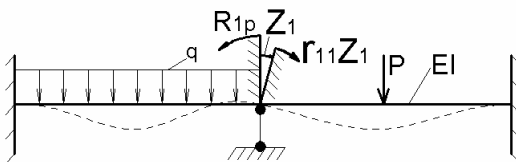


Рис. 3. Эквивалентная система метода перемещений

а) Раскрытие статической неопределимости методом сил.

На рис. 2 изображена *статически неопределимая основная система* с эквивалентной нагрузкой полученная путём отбрасывания 1-ой лишней связи за счёт введения *разрезающего шарнира* \mathbf{m}_1 . Эквивалентная нагрузка вызывает в основной системе такие же деформации как у заданной (рисунок 1). Для этого лишняя связь заменяется самоуравновешенными моментами внутренних сил X_1 (*групповым неизвестным*), определяемым из условия *совместности деформаций*, которое может быть записано в форме *канонического уравнения метода сил*

$$\delta_{11} X_1 + \Delta_{1p} = 0 \quad (1)$$

Здесь δ_{11} – перемещение в основной системе по направлению отброшенной связи вызванное единичными значениями X_1 , Δ_{1p} – то же от пролётных нагрузок. В данном случае это взаимные углы поворота δ_{11} и Δ_{1p} смежных сечений основной системы над опорой от действия моментов $\overline{X}_1 = 1$ и внешней нагрузки (ql и P) соответственно. Поскольку обе части основной системы слева и справа от шарнира \mathbf{m}_1 хорошо изученные один раз статически неопределимые однопролётные балки параметры изгиба которых представлены в таблицах [4–6], определить коэффициент и свободный (*грузовой*) член уравнения (1) не представляет затруднений

$$\delta_{11} = l/(2EI); \Delta_{1p} = -ql^3/(48EI) - Pl^2/(32EI) \quad (2)$$

Решая (1) с учётом (2) получим

$$X_1 = -\Delta_{1p}/\delta_{11} = ql^2/24 + Pl/16$$

б) Раскрытие статической неопределимости методом перемещений.

На рис. 3 изображена кинематически определимая *основная система метода перемещений* (полученная наложением на заданную балку дополнительной связи) с эквивалентной нагрузкой включающей *внешнюю* (ql и P) и *дислокационную* $R_{11}Z_1$ нагрузки, которые вместе обеспечивают такие же деформации основной системы, как и заданной. При этом должно выполняться условие отсутствия реакции в дополнительной связи, т.е. *каноническое уравнение метода перемещений*.

$$R_{11} Z_1 + R_{1p} = 0. \quad (3)$$

Здесь R_{11} – реакция в 1-ой дополнительной связи вызванная её единичным перемещением (в данном случае на угол $\overline{Z}_1 = 1$), R_{1p} – то же от внешней нагрузки (ql и P).

Используя таблицы [4–6] найдём

$$R_{11} = -8EI/l; R_{1p} = Pl/8 - ql^2/12 \quad (4)$$

Решая (3) с учётом (4), получим

$$Z_1 = -R_{1p}/R_{11} = Pl^2/(64EI) - ql^3/(96EI). \quad (5)$$

Суммируя ординаты *грузовой* M_p и *исправленной единичной* $\overline{M}_1 \times Z_1$ эпюр в сечениях $x=l-0$ или $x=l+0$, найдем изгибающий момент над 1-ой

опорой

$$M(x=l) = ql^2/24 + Pl/16.$$

Результаты внедрения в учебный процесс. Представленные разработки используются авторами при чтении лекций и проведении практических занятий. Известно, что основная масса студентов лучше воспринимает материал при изложении от простого к сложному. Предлагаемая методика содержит новые понятия и определённые обобщения, т.е. элементы противоположного подхода. Последнее компенсируется повторением и непосредственным воздействием живого слова преподавателя.

Методика апробирована в двух технических вузах, где в зависимости от специальности на изучение цикла прочностных дисциплин отводилось от одного до 2-х–8-и семестров. В первом случае материал давался факультативно группе по углублённому изучению эксплуатационной прочности судов. Во всех случаях рекомендовалось при выполнении расчётно-графических работ использовать общие решения, приведенные в примерах 1 и 2. В сравнительно новом учебном пособии с грифом МОН Украины [2], использованном в одном из упомянутых вузов, одна из задач – статически неопределимая стержневая система в 24 вариантах, из которых 17 являются частными случаями примера №1, 6 – примера №2 и одна принадлежит к иному типу. В том же пособии среди 24 вариантов неразрезной многопролётной балки на жестких опорах по 11 вариантов 2 и 3 раза статически неопределимы и 2–4 раза (что противоречит *принципу равнотрудности заданий*). Последнее послужило поводом предложить использование статически неопределимых основных систем.

Следует отметить, что после разбора на практических занятиях 1–2-х задач подавляющее большинство студентов охотно применяли все вышеупомянутые рекомендации. Тем не менее, внедрение данной методики требует чёткой организации работы вне основного расписания, чтобы каждый учащийся индивидуально получил исчерпывающие консультации.

Литература

- 1 Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы / Галлагер Р. – М. : Мир, 1984. – 428 с., ил.
- 2 Корнилов В. К. Опір матеріалів: виконання розрахунково-проектних робіт : навчальний посібник / Корнилов В. К. – Херсон, 2005. – 188 с.
- 3 Сопротивление материалов / под ред. Писаренко Г. С. – К. : Гос. изд-во технич. лит-ры УССР, 1983.
- 4 Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г. С.,

Яковлев А. П., Матвеев В. В. ; отв. ред. Писаренко Г. С. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Наук. думка, 1988. – 736 с.

5 Справочник по строительной механике корабля. / Бойцов Г. В., Палий О. М., Постнов В. А., Чувиковский В. С. – В трех томах. Том 1. Общие понятия. Стержни. Стержневые системы и перекрытия. – Л. : Судостроение, 1982. – 376 с.

6 Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Расчетно-теоретический. В 2-х кн. Кн. 1. / Под ред. А. А. Уманского. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1972. – 600 с.

ЕЛЕКТРОННИЙ КОНТИНУУМ ТА ЙОГО ЗОБРАЖЕННЯ

Р.М. Балабай

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
oks_pol@cabletv.dp.ua

Поняття «атом», не дивлячись на його надзвичайну значимість і дуже часто використання, має достатньо визначений зміст лише тоді, коли атом є (або вважається) ізольованим. Взаємодія між атомами приводить до утворення узагальненого – континуумного розподілу електронної густини $\rho(\mathbf{r})$, в котрий «вкраплені» атомні ядра. Сучасні розрахунково-теоретичні та експериментальні методи (в першу чергу це обчислення із перших принципів та прецизійний рентгеноструктурний аналіз) дозволяють отримати досить надійну інформацію про функцію $\rho(\mathbf{r})$ для конкретних фізичних об'єктів [1–8].

Теорія квантової механіки наголошує, що позиції електронів у просторі можуть бути описані тільки ймовірносно. Вона також визначає метод для обчислення ймовірності знайти електрон в якійсь точці простору. В результаті отримується число, котре називається електронною густиною. В квантовій механіці електрон також визначається як стаціонарна хвиля або хмара негативного заряду. Згідно цієї точки зору електронна густина є число, котре показує, як багато заряду локалізується в кожній точці хмари.

Властивості електронної хвилі математично описуються орбітальною або хвильовою функцією Ψ [9]. Хвильова функція асоціюється з числами в кожній точці простору, і ці числа осцилюють, так, що вони можуть бути позитивними в одних областях і негативними в інших. Функція електронної густини ρ дорівнює $|\Psi|^2$, це гарантує, що ρ завжди має позитивне значення, і його величина визначає відносну ймовірність знайти електрон в певних позиціях:

$$|\Psi| \Leftrightarrow |\Psi|^2 = \rho$$

хвильова функція \Leftrightarrow ймовірність

(амплітуда ймовірності) \Leftrightarrow (електронна густина)

Отже, «частинка» електрон може бути описана за допомогою хвильової функції або орбіталі. Орбіталь, чи то вона атомна, чи то молекулярна, покриває певну область простору і не змінюється з часом. Графічне зображення орбіталі демонструє, що електрон, який рухається, виглядає як стаціонарна хмара від'ємного заряду. Хмара «стаціонарна», тому що кількість від'ємного заряду в кожній точці простору не змінюється (форма орбіталі не змінюється) з часом.

Питання, як зобразити електронну густина, котра змінюється від

точки до точки в просторі, не має задовільної відповіді. Для повного зображення $\rho(x, y, z)$ потрібно чотирирівмірне рисування: три координати потрібні, щоб встановити позицію точки з координатами (x, y, z) у просторі, і четверта, щоб подати значення ρ . У зв'язку з тим, що ми живемо у тривимірному просторі, а комп'ютерний екран чи лист паперу так тільки двовимірний, ми можемо зобразити тільки неповну картину електронної густини. Або ми можемо зобразити ρ на обмеженому наборі позицій (скажемо, на площині, що перетинає якусь молекулу), або зобразити деякі особливі значення ρ , ігноруючи решта. Приклади обох варіантів показані на рис. 1 та рис. 2.

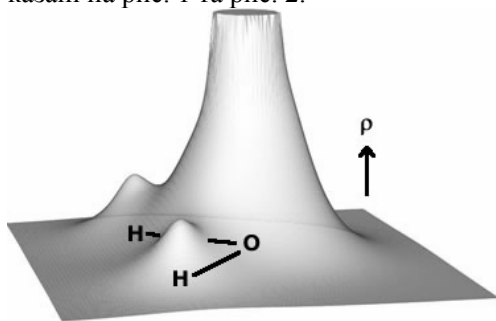


Рис. 1. Зображення електронної густини в різних точках молекулярної площини молекули H_2O за допомогою додаткової розмірності (вертикальної)

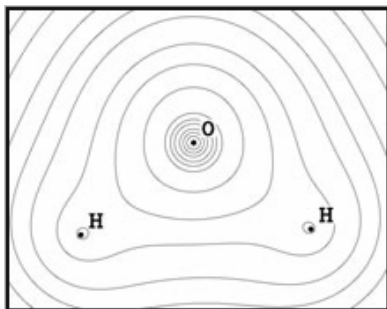


Рис. 2. Зображення електронної густини в різних точках молекулярної площини H_2O за допомогою контурів

На рис. 1 ρ зображується в різних точках молекулярної площини молекули H_2O (молекулярна площина визначається як площина, котра містить ядра) [10]. Видно – ядра лежать в горизонтальній площині, над ними піднімаються «гори» електронної густини: над ядрами H вони низенькі, над O дуже значної висоти, такої, що вона не вся приводиться, а тільки її основа. Звичайно, не існують ніяких «гір» або «пагорбів» електронної густини, бо вертикальна вісь на цьому малюнку не є просторовою координатою, вона потрібна, щоб показати, як змінюється ρ .

На рис. 2 зображення ρ в молекулярній площині подано іншим способом. Воно містить серії вставлених одна в одну кривих ліній, що називаються контурами. Кожний контур еквівалентний певному значенню ρ на певній «висоті гір», зображених на рис. 1. Конттури не помічені числами, але мається на увазі, що електронна густина спадає по мірі віддаленості від ядер.

Якщо зображення електронної густини містить додаткове кодування кольором, то воно показує різницю між областями різних значень електронної густини більш ясніше. Часто таке кольорове кодування по-

дають через відтінки сірого кольору, як це показано на рис. 3, зрозуміло, що чим темніша область, тим більше на ній припадає електронної густини.

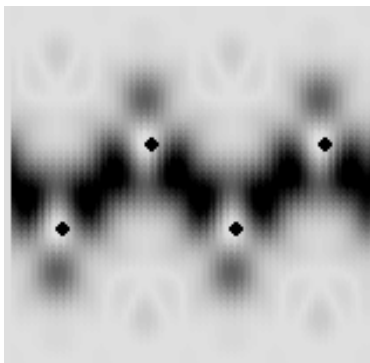


Рис. 3. Зображення електронної густини в площині (110) кристалу кремнію за допомогою кольорового кодування відтінками сірого

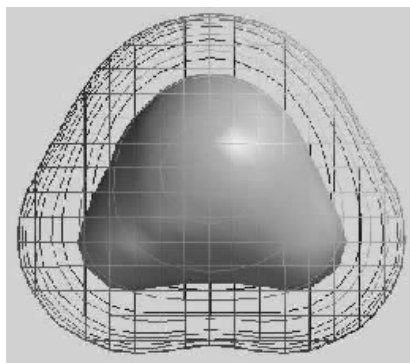


Рис. 4. Просторовий розподіл електронної густини молекули води

Для графічного подання електронної густини також використовуються тривимірні поверхні. При цьому одночасно можливо спостерігати тільки одну або дві поверхні, тому що «зовнішня» поверхня приховує «внутрішню». Такі тривимірні поверхні ρ називаються ізоповерхнями електронної густини. На рис. 4 показані дві ізоповерхні електронної густини молекули води: сітчастий стиль обраний для зображення зовнішньої поверхні, суцільний – для внутрішньої, тому що сітчастий стиль робить можливим побачити за таким чином оформленою поверхнею ще одну поверхню. Так як на рис. 4 зображено тільки дві ізоповерхні, то малюнок містить менше інформації про загальну електронну густину ніж інші зображення. Але з іншого боку такий спосіб зображення пропонує дещо специфічне, бо це дані для тривимірного простору, особливо це актуально при перегляді електронної густини на екрані комп'ютера, де її можна обертати. Поверхні на рис. 4 були розділені тому, що ρ на суцільній поверхні в 10 раз більша ніж на сітчастій. Іншими словами, якщо випадково вибрати точку \vec{r}_{solid} на суцільній поверхні і точку на \vec{r}_{mesh} сітчастій, то значення ρ в точці \vec{r}_{solid} буде в 10 разів більшим, ніж значення в точці \vec{r}_{mesh} . Звичайно, під цим розуміється, що електрон у 10 разів ймовірніше знайти в точці \vec{r}_{solid} ніж в точці \vec{r}_{mesh} . Маючи таке зображення, як на рис. 4, можна також визначити ймовірність знайти електрон у певній області на кожній поверхні, вона буде дорівнювати добут-

ку ρ на площу поверхні. Так вийшло, що площа суцільної поверхні в 2,5 рази менша ніж площа сітчастої, значить, ймовірність того, що електрон буде десь на суцільній поверхні тільки в 4 рази більша ($4 = 10/2,5$), ніж на сітчастій.

Існує багато ситуацій, коли корисно мати змогу окреслити молекулярну границю, щоб визначити розміри молекули та її форму. Традиційно для позначення молекулярних границь використовуються моделі непрозорих сфер, під якими мають на увазі атоми. З розвитком техніки квантово-механічних обчислень для оцінки розмірів і форми молекули стали використовувати значення електронної густини. Останній підхід більш привабливий, можливо тому, що результуюча границя електронної густини унікально обмежує кожен молекулу, не покладаючись на сумнівні припущення щодо форми окремих атомів. Так, просторові парціальні (що відповідають одному певному значенню) розподіли густини валентних електронів для різних ізозначень дозволили визначити не тільки форму і границі молекули, а й рівні ієрархії зв'язку між атомами. Наприклад, в молекулах $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ (рис. 5) та CONH_2 (рис. 6) [11].

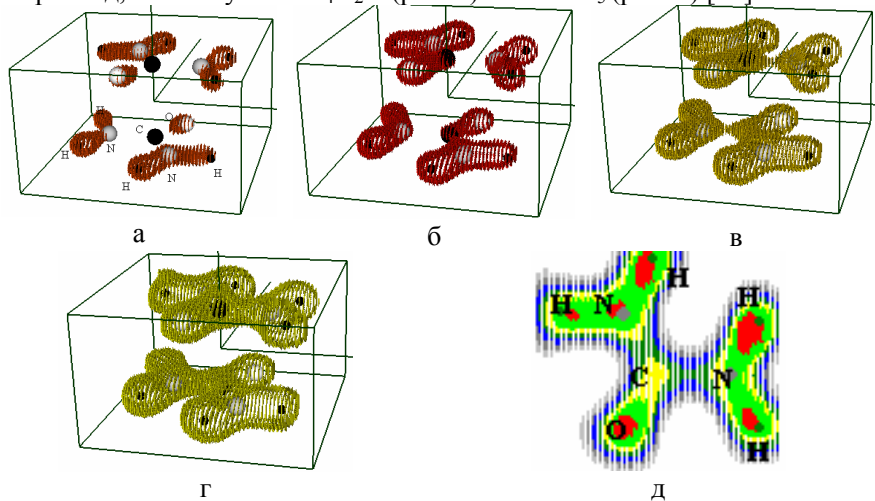


Рис. 5. Просторові парціальні розподіли густини валентних електронів в молекулі $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ (показані дві молекули) для ізозначень: (а) 0.8-0.9 від максимального значення, (б) 0.7-0.8 від максимального, (в) 0.6-0.7 від максимального, (г) 0.5-0.6 від максимального; (д) перетин в площині молекули

З рис. 5 видно, що плоска молекула $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ являє собою досить слабко зв'язані три складові CO , NH_2 , NH_2 , в яких стягнута основна доля електронної густини молекули. Відсутність чітко виражених сферичних

контурів у розподілі вказує на відсутність іонного і наявність в молекулі ковалентного полярного (сильного) і Ван-дер-Ваальсового (слабкого) типів зв'язку.

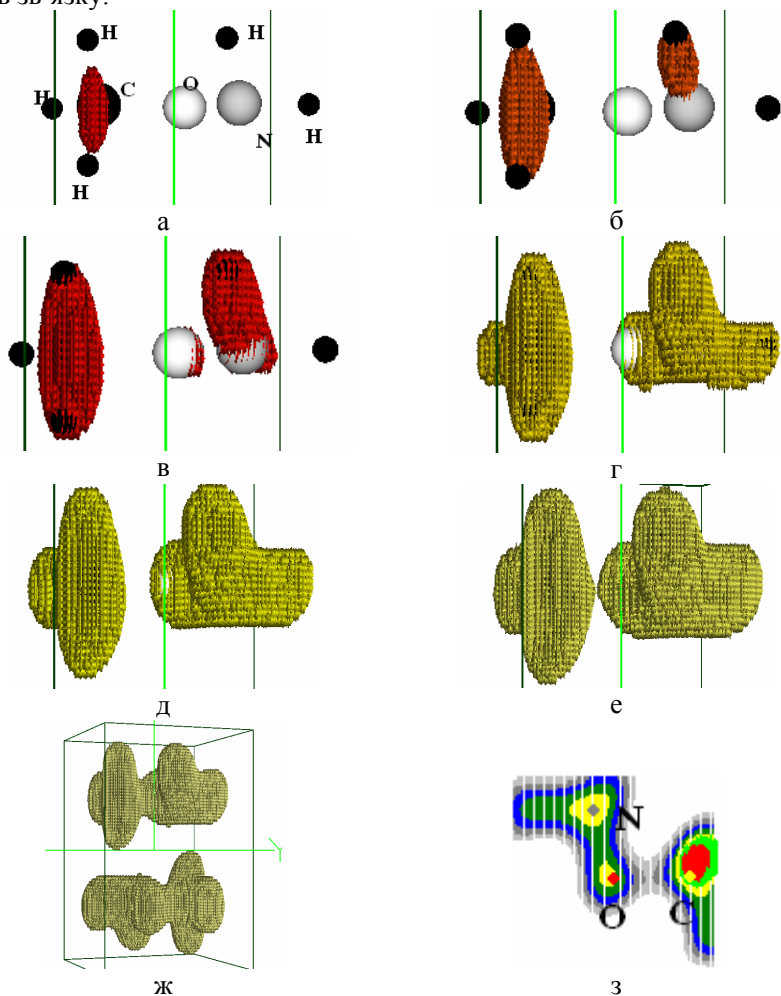


Рис. 6. Просторові парціальні розподіли густини валентних електронів в молекулі CONH_5 для ізозначень: (а) 0.9-1.0 від максимального; (б) 0.8-0.9 від максимального; (в) 0.7-0.8 від максимального; (г) 0.6-0.7 від максимального; (д) 0.5-0.6 від максимального; (е) 0.4-0.5 від максимального; (ж) 0.3-0.4 від максимального; вид на дві інверсно розташовані молекули; (з) перетин молекули в околі атома О

Огляд на рис. 6 парціальних розподілів густини валентних електро-

нів в молекулі CONH_2 для різних ізозначень дозволяє виділити два фрагменти в молекулі CH_3 і NOH_2 , доля електронної густини в середині них більша ніж в області між ними, що виразно видно на перетині молекули в околиці атома О (рис. 63). Можна ізоповерхню, зображену на рис. 6д, використовувати як квазімолекулярну границю (ця границя не може виступати істинною, бо зовні лишається ще достатньо густини).

Отже, електронна густина відкриває «вікно» для огляду хімічних зв'язків в молекулах або твердих тілах, дозволяє судити про природу міжатомних сил, допомагає зрозуміти фізичні властивості багатоатомних систем.

Література

1. Маррел Дж. Химическая связь / Маррел Дж., Кеттл С., Теддер Дж. – М. : Мир, 1980.
2. Пиментел Г. Как квантовая механика объясняет химическую связь / Пиментел Г., Спратли Р. – М. : Мир, 1973.
3. Рюденберг К. Физическая природа химической связи / Рюденберг К. – М. : Мир, 1964.
4. Бердетт Дж. Химическая связь / Бердетт Дж. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2008.
5. Яцимирский К. Б. Химическая связь / Яцимирский К. Б., Яцимирский В. К. –К. : Вища школа, 1975.
6. Краснов К. С. Молекулы и химическая связь / Краснов К. С. – М. : Высшая школа, 1984.
7. Татевский В. М. Строение молекул / Татевский В.М. – М. : Химия, 1977.
8. Татевский В. М. Квантовая механика и теория строения молекул / Татевский В. М. – М. : Изд-во МГУ, 1965.
9. Минкин В. И. Теория строения молекул. Электронные оболочки / Минкин В. И., Симкин Б. Я., Миняев Р. М. – М. : Мир, 1979.
10. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия / Угай Я. А. – М. : Высш. шк., 1996.
11. Balabai R. M. Electronic Structure of Heterogeneous Composition: Organic Molecule on Silicon Thin Film Surface / R. M. Balabai, P. V. Merzlikin // Photoelectronics. – 2009. – V. 18. – P. 70–75.

СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПАКЕТА MATHCAD

В.В. Баракин, Л.С. Вертыпорох, В.М. Назарычев
г. Севастополь, Севастопольский национальный технический
университет
ped@sevgtu.sebastopol.ua

Мультимедийный образовательный рынок Украины быстро развивается, предоставляя возможность использовать цифровые учебные материалы как в средней, так и в высшей школе. В стране появились учебные продукты с хорошим внешним оформлением, возможностью обеспечения постоянного контроля результатов учебного процесса и, что особенно важно, с хорошим содержанием, отвечающим современным принципам обучения. Однако при изучении физики студенты младших курсов высших учебных заведений и школьники старших классов сталкиваются с характерной трудностью – отсутствием должной подготовки по высшей математике. Уже на первом курсе в вузах при изучении колебательных процессов требуется знание решения простейших дифференциальных уравнений, построение графиков незатухающих, затухающих и вынужденных колебаний. Однако эти вопросы излагаются только на втором курсе при изучении соответствующих разделов высшей математики.

Еще большие трудности возникают при решении реальных физических задач, а именно: при решении дифференциальных уравнений, интегрировании сложных функций, решении систем уравнений, анализе экстремумов и построении графиков. Для решения этих задач наиболее целесообразным является широкое использование на младших курсах технических вузов математического пакета MathCAD. Этот пакет имеет достаточно удобный интерфейс и возможность быстрого освоения методики численных расчетов и построения графиков. Однако при этом необходимо существенно изменить методику и технологию организации всего учебного процесса.

В этой связи проанализируем только лишь некоторые аспекты использования математического пакета MathCAD при проведении занятий по решению физических задач и при выполнении лабораторных работ физического практикума. Рассмотрим решение следующей задачи.

Задача. Жидкость объемом 16 см^3 налита в изогнутую U-образную трубку с площадью сечения канала $0,5 \text{ см}^2$. Пренебрегая вязкостью, най-

ти период колебаний жидкости.

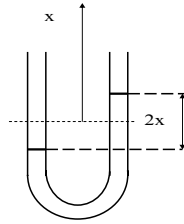
Дано

$$S := 0.5 \cdot 10^{-4}$$

$$g := 9.8$$

$$V := 16 \cdot 10^{-6}$$

Определить T



Первый способ решения (аналитический метод).

1 этап. Анализ основной задачи динамики поступательного движения.

Пусть в правом колене вода с плотностью ρ поднялась на высоту x , а в левом колене опустилась на x . В этом случае колебания в сосуде происходят под действием силы тяжести воды, высота которой в правом колене сосуда $2x$ (перегрузка воды). Движущая сила при этом равна

$$F = -\rho g 2x S = -2g\rho x S \quad (1)$$

2 этап. Составление и анализ дифференциального уравнения, описывающее колебательное движение воды в сосуде. По второму закону Ньютона

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -2g\rho S x \quad (2)$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + 2g\rho S x = 0 \quad (3)$$

Так как $m = \rho V$, то уравнение (3) будет иметь вид:

$$V \frac{d^2 x}{dt^2} + 2gS x = 0 \quad (4)$$

Разделив левую и правую часть (4) на объем V , получим:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{2gS}{V} x = 0 \quad (5)$$

3 этап. Определение периода колебаний.

Обозначим

$$\frac{2gS}{V} = \omega_0^2 \quad (6)$$

Тогда уравнение (5) будет иметь следующий вид:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0 \quad (7)$$

Так круговая частота $\omega_0 = \sqrt{\frac{2gS}{V}}$, то период колебаний можно определить по формуле

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{2gS}{V}}} = \pi \sqrt{\frac{2V}{gS}} \quad (8)$$

4 этап. Расчет периода колебаний.

$$T = 3,14 \sqrt{\frac{2 \cdot 16 \cdot 10^{-6}}{9,81 \cdot 0,5 \cdot 10^{-4}}} = 0,80 \text{ с}$$

Ответ: Период колебаний воды в сосуде равен 0,80 с

Второй способ (использование математического пакета MathCAD).

Решение этой задачи, как и в приведенном выше примере, опирается на анализ основной задачи динамики поступательного движения и определение уравнения движения по известным действующим силам. Для этого необходимо, используя второй закон Ньютона, составить дифференциальное уравнение, описывающее данное движение, построить график уравнения движения и произвести численные расчеты. Программный код такого решения в пакете MathCAD приведен ниже:

$$m \cdot x'' = -2 \cdot \rho \cdot S \cdot x \qquad \rho \cdot V \cdot x'' + 2 \cdot \rho \cdot S \cdot x = 0$$

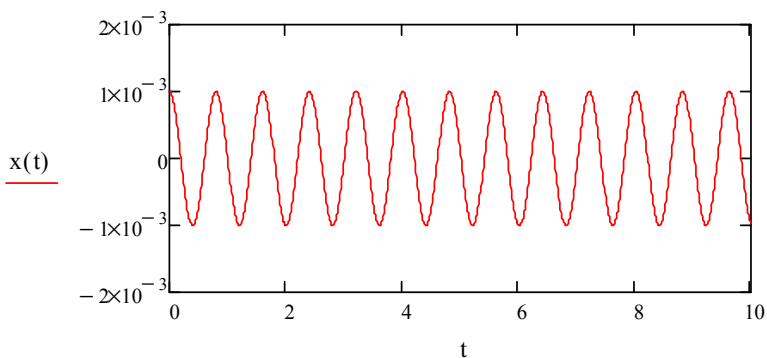
$$m = \rho \cdot V$$

Given

$$V \cdot x'' + 2 \cdot S \cdot x = 0$$

$$x(0) = 0.001 \quad x'(0) = 0$$

x:=Odesolve(t,10)



$$T = \frac{10}{12.5} \rightarrow T = 0.8$$

Расчет периода: за 10 секунд наблюдается 12,5 колебаний, следова-

тельно, период равен 0,8 с.

Если задачу усложнить, что особенно важно, добавляя в условие силу трения или другие параметры, то, не зная аналитического решения, представляется возможным в пакете MathCAD решить численно дифференциальное уравнение с последующим построением графика уравнения движения и проведением соответствующих расчетов по определению периода колебаний.

В приведенном примере персональный компьютер используется как инструмент для исследований, главное внимание при котором уделяется обучению вычислять при анализе нестандартных дифференциальных уравнений, описывающих движение материальных тел и, таким образом, внедрять принципы компьютерного моделирования на практических занятиях по физике.

Использование новых информационных технологий, безусловно, скажется на коренной перестройке в организации и проведении физического практикума. На наш взгляд, эти исследования должны проводиться в следующих направлениях [1]:

1. Моделирование физических явлений и процессов;
2. Создание виртуальных лабораторных работ и проведение компьютерного эксперимента;
3. Создание компьютерного комплекса для автоматизированного выполнения эксперимента;
4. Компьютерная обработка результатов эксперимента, анализ случайной и приборной погрешностей и грамотная запись окончательных расчетов;
5. Широкое применение цифровых измерительных приборов (мультиметров) в физическом практикуме.

В качестве примера рассмотрим лабораторную работу, связанную с измерением скорости звука методом стоячих волн [2]. Предназначенная для нее установка изображена на рис. 1.

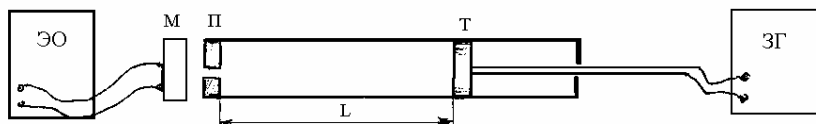


Рис. 1. Лабораторная установка для измерения скорости звука методом стоячих волн

Установка состоит из стеклянной трубки на одном конце которой помещен источник звука – телефон Т, другой – закрыт плотной пластинкой П с отверстием, напротив которого размещается микрофон М. Переменный ток звуковой частоты от звукового генератора ЗГ возбуж-

дает колебания мембраны телефона. Возникающий в микрофоне электрический сигнал подается на вертикально отклоняющие пластины осциллографа ЭО или на вольтметр. В результате получаем интерференцию двух волн – идущей от телефона и отраженной от пластины П. Если расстояние L между пластиной П и телефоном Т равно целому числу половолн звука, т.е.

$$L = n \frac{\lambda}{2} = n \frac{V}{2\nu}, \quad (9)$$

$L = n \frac{\lambda}{2} = n \frac{V}{2\nu}$ где n – целое число, V – скорость звука, ν – частота, то в трубе устанавливается интенсивная стоячая волна и наступает звуковой резонанс.

Таким образом, перемещая микрофон и фиксируя на экране осциллографа увеличение амплитуды (звуковой резонанс), можно определить скорость звука по формуле:

$$V = 2\nu(L_{n+1} - L_n), \quad (10)$$

где L_{n+1} и L_n – расстояния при двух последовательных состояниях системы, в которых устанавливаются стоячие волны.

Рассмотрим методику исследования стоячих волн с использованием математического пакета MathCAD. Пусть плоская бегущая волна с амплитудой A и частотой ω складывается со встречной волной той же амплитуды и частоты.

$$S_1 = A \cos(\omega t - kx) \quad (11)$$

$$S_2 = A \cos(\omega t + kx) \quad (12)$$

Складывая данные выражения, получим уравнение стоячей волны в соответствии с принципом суперпозиции.

Введем начальные данные в системе СИ: $k = 2 \frac{\pi}{\lambda}$, $\lambda = 1$, $A = 1$.

Решим систему уравнений:

Given

$$S_1 = A \cos(\omega t - kx) \quad S_2 = A \cos(\omega t + kx) \quad S = S_1 + S_2$$

$$\text{Find}(S, S_1, S_2) \text{ simplify} \rightarrow \left(\begin{array}{l} 2 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{\lambda}\right) \cdot \cos(\omega \cdot t) \\ \cos\left(\frac{\omega \cdot \lambda \cdot t - 2 \cdot \pi \cdot x}{\lambda}\right) \\ \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x + \omega \cdot \lambda \cdot t}{\lambda}\right) \end{array} \right)$$

Получаем уравнение стоячей волны:

$$S(x, t) := 10 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{\lambda}\right) \cdot \cos(\omega \cdot t),$$

Первый множитель зависит только от координаты точки и может рассматриваться как амплитуда стоячей волны, которая изменяется от точки к точке. Так как амплитуда колебания – величина положительная, возьмем модуль первого множителя:

$$A(x) := \left| 10 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{\lambda}\right) \right|.$$

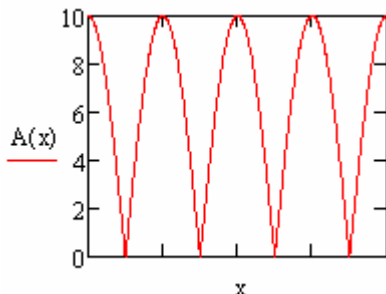


Рис. 2. Зависимость амплитуды стоячей волны от координаты

Исследуем поведение стоячей волны. Введем начальные данные:

$$A := 0.5$$

$$\omega := 0.5$$

$$T := \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$$

Запишем функции координаты и скорости точки стоячей волны.

$$S(x, t) := 2 \cdot A \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{\lambda}\right) \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$V(x, t) := \frac{d}{dt} S(x, t)$$

Построим графики (рис. 3–7). Как видим, в начальный момент времени смещения имеют максимальные значения, а скорости равны нулю. Через четверть периода достигается положение равновесия – смещения равны нулю, график волны – прямая линия. Однако в это момент каждая точка (кроме узлов) обладает скоростью. Спустя четверть периода смещения опять принимают максимальные значения, но с другим знаком. Еще через четверть периода вновь наступает положение равновесия, однако скорости направлены в противоположном направлении. Далее процесс повторяется.

Другой вывод, который можно сделать из графиков – пучности и узлы сдвинуты на четверть длины волны.

Таким образом, использование математического пакета Mathcad позволяет освободить студентов от рутинных громоздких вычислительных процедур и сосредоточить основное внимание на содержательной части исследуемых физических моделей, явлений и процессов и более глубоко осмысливании проведенных расчетов. Очевидно также, что перестройка технологии организации учебного процесса должна быть обеспечена своевременной подготовкой всей учебно-методической литературы и соответствующим информационно программным комплексом.

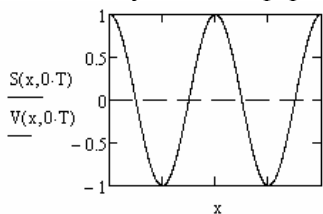


Рис. 3

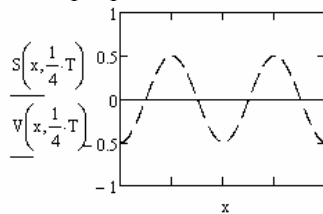


Рис. 4

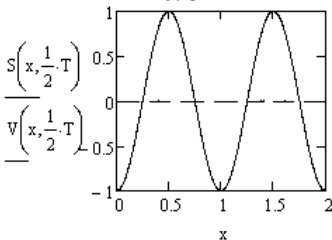


Рис. 5

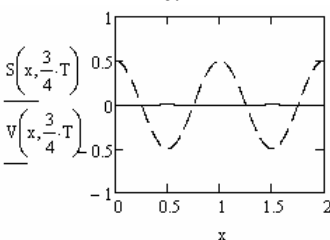


Рис. 6

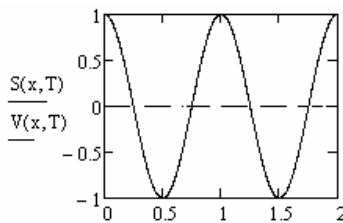


Рис. 7

Литература

1. Баракин В. В. Современная методика изучения физики в технических университетах / В. В. Баракин, Л. С. Вертыпорох // Весник СевГТУ, вып. 96 : Педагогика. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009. – 204 с.
2. Электричество и магнетизм. Колебания и волны. Оптика. Практикум.

тикум по физике / Под ред. А. Н. Веселкова. – Севастополь : Изд-во СевГТУ, 1999. – 300 с.

СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПАКЕТА MATHCAD

В.В. Баракин, А.А. Мосунов

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

Национальная доктрина Украины в 21 веке предполагает широкое использование новых информационных технологий и повышение уровня фундаментального физико-математического образования. Проблемы улучшения физико-математического образования анализировались в октябре 2008 года на совещании работников высших учебных заведений, преподавателей средних школ, институтов последиplomного образования, сотрудников научно-исследовательских и академических учреждений.

В настоящее время произошли некоторые позитивные сдвиги. Вновь введено независимое тестирование по физике (или химии) для поступления в технические университеты, что, безусловно, скажется на улучшении качества подготовки школьников по физике. Вместе с этим многие вопросы организации качественного фундаментального физико-математического образования до настоящего времени не решены. Это, прежде всего, связано с заметным сокращением плановой учебной нагрузки как по физике, математике, так и по другим естественнонаучным дисциплинам. Кроме того, по-прежнему не решены вопросы устойчивого финансирования, издания современных учебников и учебно-методических пособий с учетом новых информационных технологий, не отработана методика и технология применения ЭВМ при проведении всех типов занятий по физике. В ряде вузов в нарушение общепризнанных принципов обучения отменены практические занятия по решению физических задач. Материал по этому вопросу рекомендован студентам для самостоятельного изучения. Все это в значительной степени снижает качество фундаментальной подготовки и, как следствие, качество профессиональной подготовки специалистов инженерного профиля.

Применение традиционных методик в процессе преподавания физики в вузах на первом и втором курсах, в средней школе хотя и дают полезные знания, но при слабой подготовке по высшей математике в ряде случаев дезориентируют учащихся при решении реальных конкретных физических и прикладных задач. Существующие компьютерные классы и индивидуальная компьютерная техника эффективно ис-

пользуется преимущественно для элементарных расчетов, для иллюстраций, однако очень редко для решения конкретных прикладных физических задач и анализа физических явлений и процессов.

На младших курсах высших учебных заведений необходимо более активно и целенаправленно использовать популярный в настоящее время математический пакет MathCAD при проведении лекционных занятий по физике и другим дисциплинам естественного профиля [1–3]. Проанализируем некоторые аспекты использования пакета MathCAD при проведении лекционных занятий по физике на младших курсах технических университетов и в старших классах средней общеобразовательной школы.

Рассмотрим вопрос определения скорости после упругого центрального удара двух тел.

Постановка задачи: На горизонтальной поверхности находятся два тела с массами m_1 и m_2 , скорости которых перед соударением равны соответственно v_1 и v_2 . Определить скорости u_1 и u_2 тел после соударения. Аналитическое, традиционное решение этой задачи основано на применении законов сохранения механической энергии, импульса взаимодействующих тел и последующего решения системы уравнений, которое потребует для решения 10–15 мин лекционного времени. Гораздо проще и значительно быстрее реализуется решение при использовании пакета MathCAD. Программный код решения этой задачи представлен ниже.

Given

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2$$

$$m_1 \cdot v_1^2 + m_2 \cdot v_2^2 = m_1 \cdot u_1^2 + m_2 \cdot u_2^2$$

$$\text{Find}(u_1, u_2) \rightarrow \left(\begin{array}{c} v_1 \frac{m_1 \cdot v_1 - m_2 \cdot v_1 + 2 \cdot m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} \\ v_2 \frac{2 \cdot m_1 \cdot v_1 - m_1 \cdot v_2 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} \end{array} \right)$$

Ответ: Скорости тел после упругого центрального соударения равны:

$$\vec{u}_1 = \frac{(m_1 - m_2)\vec{v}_1 + 2m_2\vec{v}_2}{m_1 + m_2}, \quad \vec{u}_2 = \frac{(m_2 - m_1)\vec{v}_2 + 2m_1\vec{v}_1}{m_1 + m_2}$$

В качестве второго примера рассмотрим фрагмент лекции при изучении уравнения состояния реального газа и, в частности, проанализируем методику доказательства связи между критическими параметрами и постоянными уравнения Ван-дер-Ваальса. Для критической изотермы в критическом состоянии наблюдается точка перегиба зависимости давления реального газа от объема. Поэтому для установления связи между

критическими параметрами и постоянными уравнения Ван-дер-Ваальса необходимо найти зависимость давления от объема, определить первую, вторую производную от давления по объему, приравнять их к нулю и решить полученную систему уравнений. Программный код такого решения представлен ниже.

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right) \cdot (v - b) = R \cdot T1 \quad p(v) := \left(\frac{R \cdot T1}{v - b} - \frac{a}{v^2}\right)$$

$$\text{Given } \frac{d}{dv} p(v) = 0 \quad \frac{d^2}{dv^2} p(v) = 0 \quad \text{Find}(v, T1) \rightarrow \begin{pmatrix} 3 \cdot b \\ \frac{8 \cdot a}{27 \cdot R \cdot b} \end{pmatrix}$$

Построим изотермы Ван-дер-Ваальса при различных температурах для азота. Программный код такого построения в международной системе представлен ниже.

$$a := 0.13 \left(\frac{\text{Па} \cdot \text{м}^6}{\text{моль}^2}\right) \quad b := 39 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{моль}}\right) \quad R := 8.31 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}\right)$$

$$p(v, T1) := \left(\frac{R \cdot T1}{v - b} - \frac{a}{v^2}\right)$$

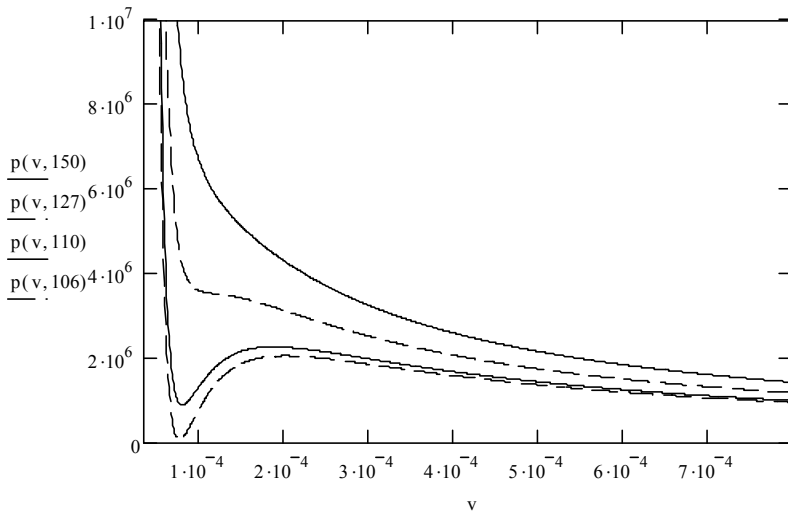


Рис. 1. Изотермы Ван-дер-Ваальса азота при различных температурах

Проанализируем фрагмент применения пакета MathCAD при изложении боровской теории атома водорода и анализа движения электрона в поле атомного ядра с зарядом Ze . Согласно классической теории, роль

центростремительной силы выполняет кулоновская сила притяжения электрона ядром. В соответствии с постулатом Бора, устойчивое движение электрона наблюдается, если момент импульса движущегося электрона будет кратен постоянной Планка. При этом полная энергия электрона в атоме складывается из кинетической энергии обращающегося вокруг ядра электрона и потенциальной энергии взаимодействующего электрона с ядром атома. Записав отмеченные выше положения, можно определить радиус, скорость и полную энергию обращающегося электрона. Программный код решения этой задачи вместе с количественными расчетами радиуса, скорости и полной энергии электрона на первой боровской орбите представлен ниже.

Given

$$\frac{Z \cdot e^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^2} = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad m \cdot v \cdot r = n \cdot h \quad E = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{Z \cdot e^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r}$$

$$\text{Find}(r, v, E) \rightarrow \left(\begin{array}{c} \frac{4 \cdot \pi \cdot h^2 \cdot n^2 \cdot \epsilon_0 \cdot e^{-2}}{Z \cdot m} \\ \frac{Z \cdot e^2}{4 \cdot \pi \cdot h \cdot n \cdot \epsilon_0} \\ - \frac{Z^2 \cdot m \cdot e^4}{32 \cdot \pi^2 \cdot h^2 \cdot n^2 \cdot \epsilon_0^2} \end{array} \right)$$

Для

$$Z := 1 \quad n := 1 \quad \epsilon_0 := 8.85 \cdot 10^{-12} \quad m := 9.11 \cdot 10^{-31}$$

$$h := \frac{6.626 \cdot 10^{-34}}{2 \cdot \pi} \quad e := 1.6 \cdot 10^{-19}$$

$$r = \frac{4 \cdot \pi \cdot h^2 \cdot n^2 \cdot \epsilon_0 \cdot e^{-2}}{Z \cdot m} \rightarrow r = 5.30 \cdot 10^{-11} \text{ (м)}$$

$$v = \frac{Z \cdot e^2}{4 \cdot \pi \cdot h \cdot n \cdot \epsilon_0} \rightarrow v = 2.18 \cdot 10^6 \text{ (м/с)}$$

$$E = -\frac{Z^2 \cdot m \cdot e^4}{32 \cdot \pi^2 \cdot h^2 \cdot n^2 \cdot \epsilon_0^2} \rightarrow E = -2.17 \cdot 10^{-18} \text{ (Дж)}$$

$$E = \frac{-2.17}{1.6 \cdot 10^{-19}} \rightarrow E = -13.56 \text{ (эВ)}$$

Рассмотрим фрагмент лекции при изучении эффекта Комптона (рис. 2). Рентгеновский фотон с импульсом h/λ упруго сталкивается со слабо-связанным электроном, энергия покоя которого равна m_0c^2 . В результате столкновения фотон передает электрону часть своей энергии и импуль-

са. При этом энергия рассеянного фотона уменьшается, длина волны рассеянного фотона возрастает. Записав закон сохранения энергии и импульса, можно определить изменение длины волны при таком упругом рассеянии фотона.

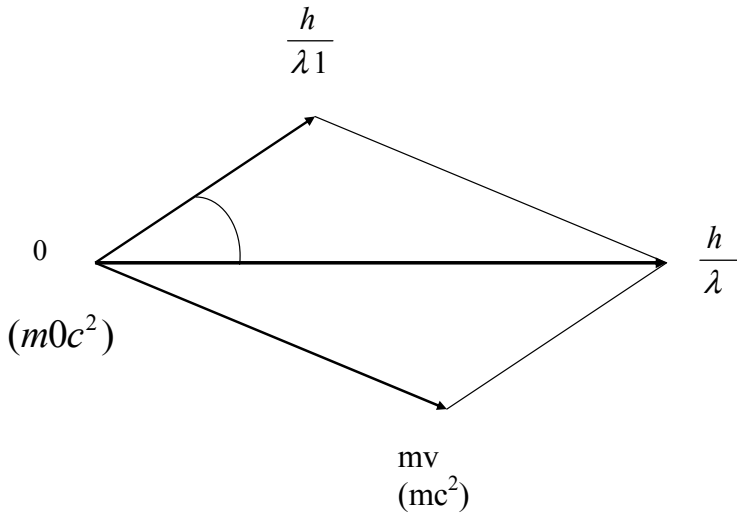


Рис. 2. Эффект Комптона

Программный код определения изменения длины волны при упругом рассеянии фотона представлен ниже.

Given

$$m_0 \cdot c^2 + h \cdot \frac{c}{\lambda} = m \cdot c^2 + h \cdot \frac{c}{\lambda_1} \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$m^2 \cdot v^2 = \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda_1}\right)^2 - 2 \frac{h^2 \cos(\Theta)}{\lambda \cdot \lambda_1} \quad \Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda$$

Find($\Delta\lambda, \lambda_1, \lambda, v$) \rightarrow [...]

$$h := 6.626 \cdot 10^{-34} \quad m_0 := 9.11 \cdot 10^{-31} \quad c := 3 \cdot 10^8$$

$$\Delta\lambda = \frac{h}{c \cdot m_0} \cdot [1 - \cos(\Theta)]$$

$$\frac{h}{m_0 \cdot c} \rightarrow \lambda_c = 0.242 \cdot 10^{-11}$$

$$\Delta\lambda = \lambda_c (1 - \cos(\Theta))$$

Таким образом, в настоящее время при чтении лекционного курса по физике представляется особенно важным сосредоточить внимание на активном внедрении математического пакета MathCAD для обоснованного доказательства физических положений с большим объемом громоздких вычислительных процедур (решение дифференциальных уравнений, систем уравнений, интегрирование сложных функций, анализ экстремальных задач и положений, построение графиков и т.д.). Это позволит сосредоточить основное внимание на содержательной части изучаемых физических явлений и законов, более глубоком осмыслении полученных результатов и освободить значительную часть времени от рутинной работы.

Литература

1. Баракин В. В. Изучение распределения Максвелла в системе Mathcad / В. В. Баракин, Л. С. Вертыпорох // Материалы 5 международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы теоретической и прикладной биофизики, физики и химии». – Севастополь : СевНТУ, 2009. – 276 с.

2. Баракин В. В. Изучение законов теплового излучения абсолютно черного тела в системе Mathcad / В. В. Баракин, В. М. Назарычев // Материалы 5 международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы теоретической и прикладной биофизики, физики и химии» – Севастополь : СевНТУ, 2009. – 276 с.

3. Баракин В. В. Современная методика изучения физики в технических университетах / В. В. Баракин, Л. С. Вертыпорох // Вестник СевГТУ, вып. 96 : Педагогика. – Севастополь : СевНТУ, 2009. – 204 с.

ПРОФЕСІЙНО СПРЯМОВАНИЙ ЗМІСТ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПЕДАГОГІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОФІЛЮ

І.О. Бардус

м. Бердянськ, Бердянський державний педагогічний університет
bardirina84@mail.ru

Постановка проблеми. Значне місце в підготовці кваліфікованих фахівців відомий діяч професійно-технічної освіти С. Володимирський відводив загально технічній і технологічній підготовці. Особливу увагу він приділяв вивченню технології, механіки та фізики як основи оволодіння необхідними знаннями зі спеціальних дисциплін [4].

В наш час, дотримуючись концепції С. Володимирського, при роботі державних стандартів та освітньо-професійних програм для інженерів-педагогів комп'ютерного профілю значна увага приділяється дисциплінам із циклу фундаментальної підготовки. Як буде показано далі, загальна фізика являє собою основу більшості технічних дисциплін, які входять до навчального плану підготовки бакалаврів спеціальностей: 6.010104 «Професійна освіта»: «Комп'ютерні технології в управлінні та навчанні», «Комп'ютерні системи та мережі», «Обробка та захист інформації в комп'ютерних системах та мережах». Тому студенти по закінченні курсу «Загальна фізика» повинні набути високі знання та вміння й вміти застосовувати їх при вивченні інших навчальних дисциплін із циклу професійної підготовки. Але, як показали наші дослідження емоційного ставлення та спрямованості навчальної мотивації студентів зазначених спеціальностей, 60% опитаних вважають фізику непотрібною для професійної підготовки інженера-педагога [1]. Проаналізувавши емоційне ставлення студентів до навчальної дисципліни «Загальна фізика», ми зробили припущення, що ефективність навчання підвищиться, якщо організувати його в контексті професійної спрямованості.

Метою статті є аналіз змісту курсу «Загальна фізика» для побудови професійно спрямованого навчання студентів інженерно-педагогічних спеціальностей комп'ютерного профілю.

Викладання фізики ми розглядаємо в двох аспектах: як загальноосвітню дисципліну, яка сприяє розумінню навколишнього середовища та як фундаментальну: знання, сформовані в студентів на заняттях із фізики, є фундаментальною базою для вивчення загальнотехнічних і спеціальних дисциплін, освоєння нової техніки і технологій.

Як відомо, зміст навчання визначається цілями навчання. Частіше за все описання цілей зводиться до простого зазначення переліку знань,

вмінь і переконань, яких повинен набути студент. Звісно, оволодіння конкретним знанням чи вмінням може виступити в якості проміжної педагогічної мети, але тільки в тому випадку, якщо будуть задані способи оцінки фактичного досягнення цієї мети, тобто способи визначення того, чи дійсно студент оволодів цими знаннями та вміннями [2].

Згідно з освітньо-професійних програм підготовки бакалаврів зазначеного профілю метою і завданням навчальної дисципліни «Загальна фізика» є сформувати уявлення та дати знання про фізичні явища і їхні закономірності, методи фізичного дослідження, фізичні величини і їх розмірності, головні етапи історії фізики, роль фізики в розвитку техніки та вплив техніки на розвиток фізики.

Сукупність фінальних цілей – перелік задач, які повинен вміти розв’язувати спеціаліст по завершенню навчання – є модель (профіль) спеціаліста, в основі якої лежить освітньо-кваліфікаційна характеристика.

Відповідно до освітньо-кваліфікаційних характеристик бакалаврів напряму підготовки «Професійна освіта» комп’ютерного профілю професійно орієнтований зміст курсу «Загальна фізика» повинен містити фундаментальні поняття закони, необхідні для розв’язання наступних типових задач діяльності.

1. Для дослідження механічного руху тіл при проектуванні машин та обладнання виробництва в приладобудуванні студенти повинні вміти використовувати фізичну модель матеріальної точки, вміти експериментально вимірювати і теоретично вишукувати кінематичні та динамічні величини. На основі знань динаміки обертального руху твердого тіла й механіки суцільних середовищ випускники здатні розраховувати момент інерції, момент сили та імпульсу, деформацію й напругу у твердому тілі, використовувати закони збереження моменту імпульсу та енергії і основне рівняння динаміки обертального руху для розв’язання задач динаміки твердого тіла.

2. Для дослідження макроскопічних процесів у тілах по закінченню навчання бакалаври з професійної освіти комп’ютерного профілю повинні спираючись на знання законів молекулярно-кінетичної теорії вміти визначати термодинамічні параметри газів, швидкість молекул газів, тип та концентрацію молекул на різних висотах, аналізувати процеси дифузії, в’язкості та теплопровідності. Знання законів термодинаміки дозволяє визначати теплоємність газів, роботу, зміну внутрішньої енергії, кількість теплоти, коефіцієнт корисної дії теплових процесів та ентропію. Також студенти повинні навчитися визначати термодинамічні параметри реальних газів, класифікувати та визначати різні фази речовини та її перетворення.

3. Для дослідження електричних та електромагнітних процесів в електротехнічних та електромагнітних пристроях технологічних ліній та обладнання автоматизованого виробництва в приладобудуванні студенти повинні на основі знань законів електростатики вміти розраховувати силу взаємодії електричних зарядів, напруженість електростатичного поля і його потенціал для точкових зарядів та заряджених тіл у різних середовищах ємність одного і кількох конденсаторів, енергію системи зарядів, провідника, зарядженого конденсатора та електричного поля; вміти розраховувати та вимірювати характеристики електричного струму, потужність, роботу струму в розгалужених і нерозгалужених електричних колах. На основі знань законів електромагнетизму в майбутній бакалавр має розраховувати напруженість та індукцію магнітного поля, силу взаємодії паралельних струмів, силу дії магнітного поля на електричний струм та заряд, що рухається, роботу по переміщенню провідника і контуру зі струмом у магнітному полі; вміти застосовувати закон повного струму, визначати електрорушійну силу індукції та самоіндукції, індуктивність провідників, струми при замкненні та розмиканні електричних кіл, напругу і струм в обмотках трансформатора та енергію магнітного поля; розподіляти магнетики по класах та знати їх властивості.

4. Для дослідження коливань хвиль і оптичних явищ в механічних та електромагнітних пристроях та оптичних вимірюваннях студенти повинні вміти на основі знань законів коливального руху аналізувати рівняння гармонічних коливань, складати однонапрямлені та взаємоперпендикулярні гармонічні коливання, аналізувати рівняння для вільних, затухаючих та вимушених коливань. Випускники повинні навчитися розраховувати параметри тіл змінного струму та потужність у цих колах, аналізувати рівняння бігучої хвилі, знаходити фазову та групову швидкість, енергію електромагнітних хвиль. На основі знань законів хвильової оптики студенти здатні аналізувати явища інтерференції, дифракції та поляризації, явища дисперсії світлових хвиль та поглинання світла середовищем.

5. Для постановки та проведення фізичних експериментів та виконання прецензійних вимірювань при застосуванні сучасної наукової апаратури, квантової електроніки, лазерних та ядерних технологій студенти по закінченню вузу повинні вміти на основі знань законів квантової оптики розраховувати випромінюваність та спектральну густину випромінювання для абсолютно чорного та сірого тіл, довжину хвилі для зовнішнього фотоефекту, масу, імпульс, енергію фотона, тиск світла, зміну довжини хвилі при ефекті Комптона. Випускники повинні вміти використовувати гіпотезу де Бройля при аналізі дифракційних дослідів з

мікрочастинами та руху електронів в атомі, аналізувати співвідношення невизначеностей Гейзенберга, використовувати постулати Бора при аналізі будови атома. На основі знань квантової механіки майбутні інженери-педагоги повинні аналізувати стан мікрочастин за хвильовою функцією, визначати властивості електрона у центрально-симетричному полі ядра, класифікувати енергетичні рівні та квантові стани електронів в атомі за квантовими числами, аналізувати фізичну природу зв'язку атомів у молекулах. Також вони повинні вміти розподіляти тверді тіла на метали, напівпровідники та ізолятори з точки зору зонної теорії, аналізувати провідність чистих та примісних напівпровідників; на основі знань ядерної фізики аналізувати будову атомних ядер згідно феноменологічних моделей ядра. На основі знань основних фундаментальних взаємодій студенти повинні класифікувати сили природи та елементарні частинки за фундаментальними взаємодіями, визначити властивості фундаментальних сил та елементарних частинок, аналізувати проблеми сучасної фізики, їх взаємозв'язок та зв'язок з вимогами технічного прогресу.

Специфіка навчання студентів зазначених спеціальностей полягає в тому, що, крім загальнонаукових дисциплін, у навчальних планах підготовки цих спеціальностей існують цикли професійно-технічних дисциплін, тому, ми вважаємо, що процес навчання повинен здійснюватися на основі міжпредметних зв'язків загальнонаукових (фундаментальних) дисциплін із загальнотехнічними і спеціальними дисциплінами, без яких неможливе успішне оволодіння професійними знаннями й уміннями.

Проаналізувавши освітньо-професійні програми та навчальні плани підготовки бакалаврів спеціальностей 6.010104 «Професійна освіта»: «Комп'ютерні технології в управлінні та навчанні», «Комп'ютерні системи та мережі», «Обробка та захист інформації в комп'ютерних системах та мережах», ми з'ясували, що 30% дисциплін циклу професійної та практичної підготовки спираються на фундаментальні знання з загальної фізики.

Підготовка бакалаврів інженерів-педагогів зазначених спеціальностей здійснюється за подібними навчальними планами, які містять однакові дисципліни з циклу професійної та практичної підготовки, що спираються на поняття та закони фізики, наприклад «Архітектура ЕОМ та обчислювальна техніка», «Комп'ютерні мережі», «Електротехніка», «Технічна механіка», «Цифрова техніка», «Теорія інформації та кодування», «Теорія управління та інформаційні системи», «Комп'ютерна електроніка», «Стандартизація та техніка вимірювань», «Основи автоматизації системи проектування», «Теорія цифрової обробки сигналів». Тому погоджуючись з думкою Н.Ф. Талізної, ми вважаємо за доцільне

провести логічний аналіз предметного знання, виділення фундаментального інваріанту знань, який засвоєний на декількох конкретних явищах, дозволяє вивести всі інші конкретні випадки прояву інваріантів за допомогою простих логічних операцій. Засновані на знанні інваріантів узагальнені види діяльності забезпечують спеціалісту можливість розв'язання величезної кількості конкретних задач [3].

Ми зробили аналіз навчальних програм дисциплін із циклу професійної та практичної підготовки та виявили, на які закони та поняття з фізики вони спираються.

Зв'язок навчальної дисципліни «Загальна фізика» з фаховими дисциплінами

Розділи та теми із загальної фізики	Фахові дисципліни
Механіка	
Кінематика та динаміка матеріальної точки. Неінерційні системи відліку. Кінематика та динаміка абсолютно твердого тіла. Коливальний рух. Хвилі в суспільному середовищі та елементи акустики.	Архітектура ЕОМ. Електротехніка. Комп'ютерна електроніка. Комп'ютерні мережі. Теорія інформації (та кодування). Теорія цифрової обробки сигналів. Теорія управління інформаційними системами. Технічне забезпечення систем захисту інформації.
Молекулярна фізика та термодинаміка	
Основи МКТ. Основи термодинаміки. Тверді тіла.	Архітектура ЕОМ. Комп'ютерна електроніка. Комп'ютерні мережі.
Електрика та магнетизм	
Електростатика. Провідники в електростатичному полі. Постійний електричний струм. Постійне магнітне поле. Магнетизми. Електромагнітна індукція. Електромагнітні коливання. Змінний синусоїдальний струм. Механізми електропровідності. Рух заряджених частинок в електричному та магнітному полях. Рівняння Максвелла. Електромагнітні хвилі.	Архітектура ЕОМ. Цифрова техніка. Комп'ютерна електроніка. Електротехніка. Основи автоматизованих систем керування. Технічне забезпечення систем захисту інформації. Комп'ютерні мережі.

Оптика	
Геометрична та хвильова оптика. Взаємодія світла з речовиною. Моделі випромінювання світла.	Комп'ютерні мережі.
Атомна та ядерна фізика	
Теорія Бора атома водню. Основи квантової механіки	Архітектура ЕОМ. Цифрова техніка. Комп'ютерна електроніка. Основи автоматизованих систем керування. Технічне забезпечення систем захисту інформації. Комп'ютерні мережі.

При викладанні фундаментальних законів, понять та явищ ми вважаємо за доцільне наводити приклади та задачі, які ілюструють їх застосування в професійній діяльності. Наприклад, в процесі пояснення теми «Поширення та відображення світла» повідомити, що закон повного внутрішнього відбивання світла покладений в основу принципу дії оптоволоконного кабелю – сучасного надійного матеріалу для комп'ютерних мереж.

Отже, ми порівняли зміст фахових навчальних дисциплін із змістом курсу фізики, та дійшли висновку, що такі розділи фізики, як механіка рідин і газів; гідростатика; аеростатика; гідро- і аеродинаміка; елементи релятивістської механіки є не суттєвими при підготовці інженерів-педагогів комп'ютерного профілю, і тому можуть розглядатися оглядово, або можуть бути винесені на самостійне опрацювання студентами.

Висновки. На нашу думку, успішна підготовка фахівців в галузі комп'ютерних технологій та систем потребує постійного оновлення курсу фізики. Стабільність програми не означає незмінності змістового наповнення навчального посібника з фізики. Стрімкий розвиток науки та техніки актуалізує проблему відбору навчального матеріалу та оновлення його змісту. Врахування орієнтації на майбутній фах спонукає до збільшення місця та ролі в навчальних програмах питань історії фізики, філософських аспектів природознавства, а також питань, присвячених застосуванню фізичних законів при розробці комп'ютерної техніки та побудові комп'ютерних мереж.

Література

1. Бардус І. О. Підвищення професійної спрямованості навчання фізики студентів інженерно-педагогічних спеціальностей

комп'ютерного профілю / Бардус І. О., Шишкін Г. О. // Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету (Педагогічні науки). – Бердянськ : БДПУ, 2009. – №3. – 304 с.

2. Смирнов С. Д. Педагогика и психология высшего образования: от деятельности к личности : учеб. пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / Смирнов С. Д. – М. : Академия, 2001. – С. 181-183.

3. Талызина Н. Ф. Управление процессом усвоения знаний / Талызина Н. Ф. – М. : Издательство Московского университета, 1975. – 343 с.

4. Улюкаєв С. Г. Внесок видатних педагогів і діячів народної освіти в становлення і розвиток системи професійно-технічної освіти (кінець ХІХ ст.) / Улюкаєв С. Г. // Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету (Педагогічні науки). – Бердянськ : БДПУ, 2009. – №3. – С. 18.

ВИВЧЕННЯ НОРМАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ КРИСТАЛІЧНОЇ ГРАТКИ

А.В. Безуглий¹, Є.А. Безуглий², О.М. Петченко¹

¹ м. Харків, Харківська національна академія міського господарства

² м. Харків, Біг Борд

Останнім часом, у зв'язку з розвитком дистанційного навчання все більшого поширення набуває комп'ютерне моделювання фізичних явищ, створення на базі комп'ютерних моделей віртуальних лабораторних робіт.

Метою даної роботи є вивчення спектру нормальних коливань та встановлення дисперсійної залежності (частоти коливань від хвильового числа) $\omega(\vec{k})$ на основі аналізу коливальних процесів для одновимірного ланцюжка N частинок, пов'язаних між собою пружними зв'язками.

Як відомо, атоми твердих тіл здійснюють теплові коливання навколо положення рівноваги. Зазвичай характер цих коливань досить складний, а тому для їх описання звертаються до наближених методів та різноманітних спрощень.

При розв'язанні таких задач використовують статистичний метод, тобто замість того, щоб описувати індивідуальні коливання частинок, розглядають їх колективний рух у кристалі. Таке спрощення базується на тому, що внаслідок значних сил зв'язку, коливання, яке виникло у однієї частинки відразу ж передається сусіднім частинкам і в кристалі виникає колективний рух у вигляді пружної хвилі. Такий колективний рух носить назву нормального коливання ґратки. Число нормальних коливань, яке може виникнути в ґратці, дорівнює числу ступенів вільності частинок кристала, тобто $3N$, де N – число частинок, що утворюють кристал.

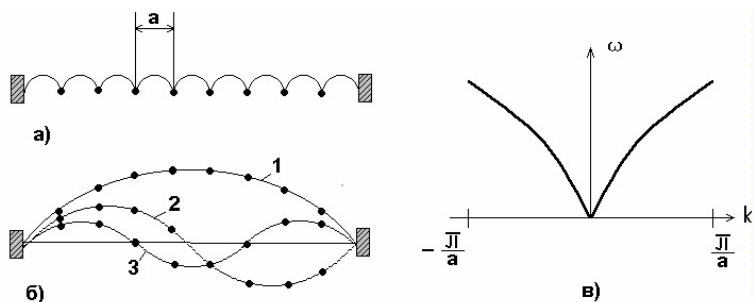


Рис. 1

На рис. 1,а показана одновимірна модель твердого тіла: лінійний ланцюжок частинок (атомів), які знаходяться на однаковій відстані одна від одної a . Частинки зв'язані пружинками нульової маси з коефіцієнтом жорсткості k_c , за винятком двох крайніх пружинок, для яких коефіцієнт жорсткості дорівнює k . Позначимо U_1, U_2, \dots, U_N – зміщення атомів з рівноважного положення вздовж осі системи. Кінці лівої та правої пружинки вважаємо нерухомими.

Якщо кінці ланцюжка нерухомі, то основне коливання, яке відповідає найнижчій частоті ω_{\min} відповідає виникненню стоячої хвилі з вузлами на кінцях (рис. 1,б, крива 1). Наступним коливанням відповідають стоячі хвилі з вузлами на кінцях і всередині ланцюжка (крива 2), далі з вузлами на кінцях та двома вузлами всередині ланцюжка (крива 3) і т.д. Найкоротша довжина хвилі, яка може утворюватися в такому ланцюжку

$$\lambda_{\min} = 2a. \quad (1)$$

Йй відповідає максимальна частота

$$\omega_{\max} = \frac{2\pi V}{\lambda_{\min}} = \frac{\pi V}{a}, \quad (2)$$

де V – швидкість поширення хвиль (звуку) в ланцюжку.

В фізиці кристалів (наприклад при визначенні теплоємності) важливо знати характер залежності частоти ω від хвильового числа $k = \frac{2\pi}{\lambda}$.

Така залежність носить назву дисперсійної залежності. Для звукових (акустичних) хвиль ця залежність має вигляд приведений на рис. 1,в. Позитивні значення k відповідають пружній хвилі, яка розповсюджується у додатному, а від'ємні-хвилі, що поширюється у від'ємному напрямку.

Оскільки сила, яка діє на кожен окрему частинку, визначається тільки стисканням та розтяганням з'єднаних з нею пружинок, то рівняння руху частинки, яка знаходиться всередині ланцюжка має вигляд:

$$m \frac{d^2 U}{dt^2} = -k_c(U_i - U_{i+1}) - k_c(U_i - U_{i-1}) = k_c(2U_i - U_{i+1} - U_{i-1}), \quad (3)$$

де $i=2, \dots, N-1$.

Рівняння для частинок $i=1$, та N , що знаходяться біля стінок, мають вигляд

$$m \frac{d^2 U_1}{dt^2} = -k_c(U_1 - U_2) - kU_1, \quad (4)$$

$$m \frac{d^2 U_N}{dt^2} = -k_c(U_N - U_{N-1}) - kU_N.$$

Відмітимо, що коли $k_c=0$, приведена система рівнянь для U_i розпа-

дається на незалежні рівняння і рух кожної точкової маси не залежить від сусідів.

Для моделювання динамічної поведінки N зв'язаних мас треба розв'язати систему диференціальних рівнянь (3), (4), порядок якої залежить від числа частинок. Програма малює зміщення як функцію часу для чотирьох частинок, а також моделює поздовжній коливальний рух зв'язаних осциляторів, який описується рівняннями (3), (4). Максимальна кількість частинок – $N_{\max}=12$. Для моделювання динамічної поведінки N частинок однакової маси m , які зв'язані між собою пружними зв'язками, використовується алгоритм Ейлера [2].

Інтерфейс програми наведено на рис. 2 Програма малює зміщення як функцію часу для чотирьох частинок (номер частинки, з якої починається огляд, задається у віконці зліва, біля верхнього графіка). Відстань між частинками можна змінювати у вікні над рисунком.

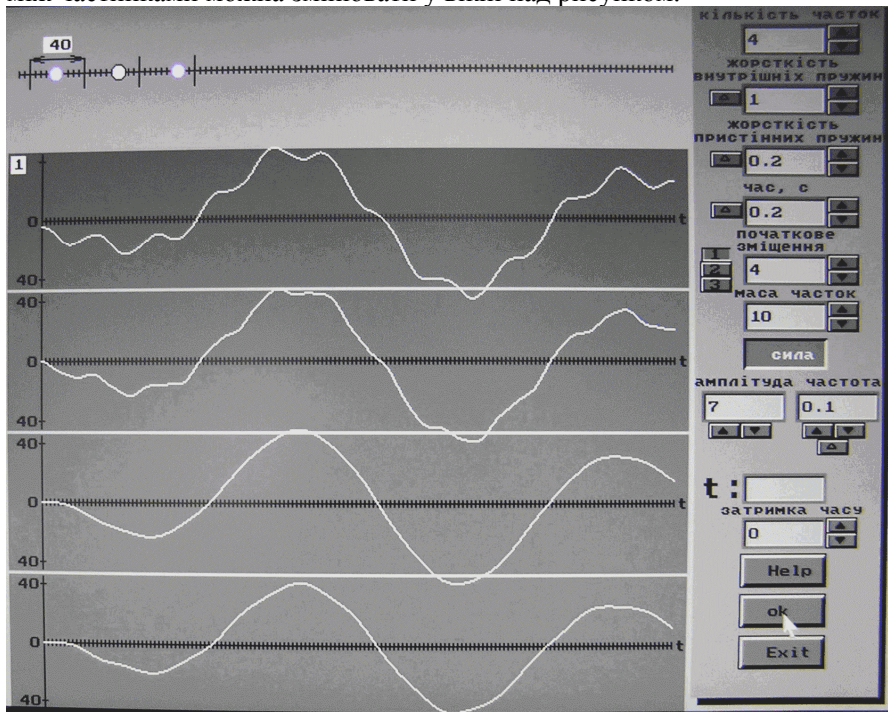


Рис. 2

Справа виведені вікна, в яких можна задавати кількість частинок, коефіцієнт жорсткості внутрішніх та зовнішніх пружин, початкові значення зміщення трьох перших частинок. Швидкість, з якою рухають-

ся частинки та малюються графіки, можна регулювати за допомогою вікна «затримка часу». В вікні « t » можна прочитати тривалість процесу від початкового моменту до точки, в яку підводиться курсор. В системі частинок можна збуджувати як вільні незгасаючі коливання, так і вимушені коливання: перші – шляхом завдання початкового зміщення від положення рівноваги, другі – шляхом вмикання гармонічної сили (натиснувши кнопку «сила»).

Користувачу пропонується виконати наступні операції:

1. Виберіть значення k , m , a , N згідно з таблицею 1 ($k_c=k$). Визначте частоти нормальних коливання, прикладаючи зовнішню силу до першої частинки. Частота нормального коливання визначається по максимальному значенню амплітуди коливання. Виберіть при цьому зручний інтервал часу дії сили. Пройдіться по всіх значеннях ω в діапазоні від

$0,2\sqrt{\frac{k}{m}}$ до $3\sqrt{\frac{k}{m}}$. Якщо ви вважаєте, що знаходитесь поблизу резонансу, для отримання точнішого значення ω_n , використайте ще кілька значень ω . Скільки всього нормальних коливань? Визначте їх згідно з таблицею для двох значень N .

Таблиця 1

№	k	m	a	N_1	N_2
1	1	1	4	5	12
2	0.8	0.8	4	6	12
3	1	2	3	5	10
4	1	0.5	3	6	10
5	1	2	3	6	10
6	0.5	1	4	5	11
7	0.8	1	4	6	11
8	1	0.8	3	5	11
9	1	1	5	6	12
10	1.5	2.5	3	5	10
11	1	1.5	3	6	11
12	1	1.5	4	6	11

2. Підрахуйте всі можливі значення довжини хвилі для ланцюжка з N_1 та N_2 частинок. Запишіть в таблицю значення λ , $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ та відповідні значення ω_n .

3. Побудуйте дисперсійну залежність $\omega(k)$ для двох випадків N_1, N_2 .

4. Порівняйте результати отримані в п. 1 з аналітичними

$$\omega_n^2 = \frac{4k}{m} \sin^2 \frac{n\pi}{2(N+1)},$$

де $n=1, 2, \dots, N$.

5. Порівняйте хід залежності $\omega(k)$ з залежністю, приведеною на рис. 1,в.

В звіті повинні бути представлені:

1. зведені в таблицю значення частот нормальних коливань та відповідних для двох значень λ і k значень $N=N_1, N=N_2$ з висновком: як залежить число коливань від числа частинок в ланцюжку;

2. обчислені та занесені в таблицю значення ω_n за аналітичною наближеною формулою (пункт 4 інструкції 5.5.4);

3. побудовані графіки залежності $\omega = \omega(k)$ для двох значень N на основі отриманих в роботі значень ω та k і обчислених за наближеною теоретичною формулою;

4. порівняння «експериментальних» результатів з результатами за наближеною формулою.

Пропонуються такі питання для самоперевірки:

1. В стані якого руху перебувають атоми твердого тіла? Що таке нормальне коливання ґратки?

2. Яке число нормальних коливань виникає в кристалі із N атомів?

3. Що являє собою одновимірна модель твердого тіла?

4. Запишіть максимальну ω_{\max} та мінімальну ω_{\min} частоти нормальних коливань, що виникають в одновимірному ланцюжку із N атомів.

5. Що таке дисперсійна залежність? Який вид вона має для акустичних хвиль?

Література

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

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «КОМПЬЮТЕРНАЯ ФИЗИКА»

Е.Д. Бугрим¹, О.В. Бугрим²

¹ г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный университет
имени Олеса Гончара

² г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный горный
университет
bugrim@yahoo.com

В условиях сокращения учебных часов, выделяемых на преподавание фундаментальных дисциплин, возрастает роль информационных технологий как альтернативы натурному эксперименту. Следует также учесть, что в последние годы резко сократилось финансирование, выделяемое на обновление лабораторной базы. Особенно сказывается это на состоянии практикумов, отражающих современные направления в физике и технике. Это является дополнительным стимулом более активного использования компьютерной техники в учебном процессе, когда речь идет о моделировании физических явлений.

Другим существенным аспектом использования компьютера является приближенное решение физических задач с использованием языков программирования высокого уровня, а также математических пакетов (Matlab, MathCAD и др.). Это позволяет расширить круг явлений, которые могут быть исследованы в лабораторном практикуме.

На кафедре экспериментальной физики ДГУ в восьмом учебном семестре читается курс «Компьютерная физика», частью которого является лабораторный практикум объемом 48 часов. Базой проведения практикума служит лаборатория компьютерной техники, позволяющая предоставить каждому студенту индивидуальное рабочее место. Компьютеры объединены в локальную сеть с возможностью использовать методическое обеспечение, размещенное на сайте кафедры.

К моменту проведения практикума студенты приобретают навыки использования как языков программирования высокого уровня, так и наиболее популярных математических пакетов.

Курс «Компьютерная физика» можно условно разделить на три блока:

- 1) методы обработки данных эксперимента;
- 2) приближенные методы решения физических задач;
- 3) исследование корреляционных зависимостей в сложных системах.

Естественно, на практике эти основные направления могут совме-

стно присутствовать в отдельной комплексной задаче.

Методы обработки данных эксперимента предполагают грамотное использование статистической обработки на основе выбранной модели процесса. Анализ полученных данных должен включать исследование устойчивости полученного решения. Здесь предполагаются дополнительные исследования с целью выбора правильного алгоритма оценки точности решения. Данный этап, являясь, на первый взгляд, субъективным, позволяет формировать критическое отношение к полученным результатам. В частности, это относится к таким операциям как интерполяция и экстраполяция данных. Четкое понимание смысла исследуемого явления позволяет исключить грубые ошибки.

Отмечаются также особенности применения метода наименьших квадратов к обработке данных. Приводятся примеры некорректного его использования в ряде случаев.

Вопрос оценки погрешностей при выполнении экспериментального исследования имеет иногда решающее значение при определении степени достоверности его результатов. Демонстрация типичных ситуаций, ведущих к ошибкам такого рода, позволяет, надеемся, исключить (или хотя бы существенно уменьшить) субъективный фактор на этой стадии.

Обращается внимание на выявление взаимозависимости параметров эксперимента путем построения кривых корреляции на основе выбранной модели. Исследование таких зависимостей часто позволяет упростить модель процесса, исключив из нее несущественные входные параметры.

Особо обращается внимание на класс задач с некорректно поставленными условиями. Например, движение тела в среде испытывает сопротивление, зависящее от скорости, сложным образом. Задача описания такого движения на основе полученных экспериментальных данных требует подбора выражения для величины сопротивления на каждом этапе движения. Здесь полезными оказываются графические методы представления данных с наложенными на них расчетными результатами. Оценка точности получаемых при этом решений также должна определять качество выполнения работы.

Курс «Компьютерная физика», помимо освоения новых для студентов методов решения физических задач, служит также основой для других курсов кафедры. Например, разложение в ряд Фурье периодических сигналов по гармоническим функциям с последующим восстановлением по конечному числу гармоник позволяет упростить понимание процесса фильтрации, который рассматривается в других курсах.

Одним из важных разделов, представленных в составе практикума, является раздел, посвященный статистическим методам испытаний.

Центральное место здесь отводится методу Монте-Карло, эффективная реализация которого возможна на современных персональных компьютерах. Очерчен круг задач, которые могут быть решены этим методом. Подчеркивается его применимость к задачам, не имеющим аналитического решения. В мировоззренческом плане здесь полезными будут ссылки, иллюстрирующие причины, вызвавшие его появление в арсенале исследователей.

В целом можно утверждать, что представленная компоновка курса способствует не только освоению новых для студентов методов численного моделирования и исследования физических систем, но и углублению знаний в областях математики, имеющих отношение к обработке и интерпретации результатов эксперимента.

СРАВНЕНИЕ ВЕКТОРНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

П.Ф. Буланый

г. Днепропетровск, Национальная металлургическая академия Украины
kotris@optima.com.ua

Эта работа относится к проблеме межпредметных связей физики и математики. Большинство работ по этому вопросу посвящено согласованию программ по физике и математике и повышению уровня математической подготовки [1–5]. Последнее крайне важно, однако математизация физики в учебном процессе должна быть обоснованной.

Это связано, прежде всего, с наличием границ применимости математики в физике. Например, уравнение может быть получено из сомнительных физических предположений. Следовательно, необходимо уточнять условия его применимости. Физика также не имеет дела с абсолютно точными численными значениями физических величин. Это обусловлено тем, что любые экспериментальные измерения выполняются с погрешностью, условия эксперимента трудно контролируемы, остаётся влияние прибора на исследуемый объект и т.д.

Крайне важной является математическая форма записи, что может усложнить интерпретацию явления или свойств чего-либо. Например, понятие плотности неоднородных тел [6] в форме $\rho = dm/dv$ теряет физический смысл при объёмах, сравнимых с объёмом атома или ядра, что связано с дискретной структурой вещества. Следовательно, любое уравнение или математическая модель являются приближёнными.

В настоящей работе сделана попытка рассмотрения вопроса о допустимости сравнения векторных физических величин. С точки зрения математики [7] векторы можно складывать, но отношение неравенства (меньше или больше) для них теряет смысл. Тем не менее, в сборниках задач [8; 9], учебниках [6; 10; 11] по физике, технической литературе [12] пользуются терминами «скорость увеличивается», «ускорение в два раза больше», «вес одного тела больше веса другого». Все вышеназванные величины (скорость, ускорение, вес) – это векторные физические величины.

Цель данной работы – определить, допустимо ли сравнение векторных физических величин. Сравнение – действие со значением сравнивать. Сравнивать, т.е. измеряя, рассматривая, исследуя и т.п. какие-либо однородные предметы, явления и т.д. – это обнаруживать в них одинаковые черты или отличия [13]. Такое понятие сравнения не всегда совпадает с понятием «сравнение с мерой», под которым понимается общее название методов измерений, в которых измеряемую величину сравни-

вают с величиной, воспроизводимой мерой. Мера – средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера [14]. Следует отметить, что не существует мер всех физических величин, а иногда одни физические величины определяются через другие, например, сила через ускорение [11].

Понятие сравнения в научно-методической литературе уже рассматривалось [15]. В этой работе показано, что сравнение – один из методов теории познания, совмещающий анализ и синтез. Последние два – это методы научного исследования какого-либо явления или предмета, состоящие в мысленном или фактическом разложении на части (анализ) или познании его как единого целого, в единстве и взаимной связи частей [16].

Сравнению необходимо состоять из следующих операций [15]:

- во время сравнения устанавливают, что сравнивают;
- анализируют мысленно объект исследования и выделяют его существенные части;
- сопоставляют свойства одного предмета с теми же свойствами другого;
- определяют, что в них общего;
- определяют, что в них разное;
- определяют, чем подобны и чем отличаются объекты;
- объясняют, почему объекты подобны или почему они отличаются.

Как видно из работ [7; 16], понятие сравнения в математике и физике не совсем совпадают. В связи с этим вызывает интерес вопрос о допустимости сравнения векторных физических величин.

В работе, посвящённой теории отношений [17], показано, что сравнение – акт мышления, посредством которого классифицируется, упорядочивается и оценивается содержание явления. В сравнении мир постигается как связанное разнообразие. В общем случае сравнение имеет смысл только для совокупности «однородных» предметов, образующих класс. Под классом в дальнейшем будем понимать совокупность физических величин, имеющих один и тот же физический смысл.

Сравнить – это сопоставить «одно» с «другим» с определённой целью: выявить отношения. Признаки детерминируют определённые отношения. Следует отметить, что физические величины, составляющие класс, могут быть сравнимы по одному признаку, но несравнимы по другому. Например, две силы в механике могут быть сравнимы по их действию на тело, определяющими его движение при поступательном движении и несравнимы две такие силы, одна из которых определяет поступательное движение, а другая – вращательное движение. Таким образом, имеются два разных признака, по которым однородные физи-

ческие величины не могут быть сравнимы.

Под физической величиной следует понимать характеристику физических объектов или явление материального мира, общую в качественном множестве объектов или явлений, но индивидуальную для каждого из них в количественном отношении [18]. Если физическая величина – скаляр, то в физике и математике в пределах класса всех однородных величин устанавливается одно из трёх отношений: равенство ($a=b$), неравенство (первая меньше второй ($a<b$) или вторая меньше первой ($b<a$)).

Если физическая величина – это вектор, то вопрос оказывается более сложным. В математике под вектором понимается направленный отрезок прямой евклидова пространства [7]. Все векторы согласно этой классификации разделяются на три группы: свободные векторы, скользящие векторы, связанные векторы. Свободные векторы – это векторы, которые имеют равные модули, одинаково направлены и начальная точка которых может быть выбрана свободно. Скользящие векторы – это класс равных между собой векторов, расположенных на одной прямой. Связанные векторы – это векторы, которые полагают равными, если они имеют равные модули, одинаковые направления и общую точку приложения. Последние среди векторных физических величин могут быть только разнесены во времени. Понятие свободного вектора положено в основу векторного исчисления.

В физике и теоретической механике деление векторов на группы определено не так чётко. Так, в фундаментальной работе по теоретической механике [19] свободными векторами называются векторы, не имеющие ни определённой линии действия, ни определённой точки приложения. Однако дальше утверждается, что два геометрически равных вектора изображают одну и ту же физическую величину лишь при условии, что они имеют одну общую линию действия, но они изображают различные физические величины, если имеют различные линии действия. Это, например, имеет место для векторов, изображающих силы, действующие на твёрдое тело. Такие неотделимые от линии действия векторы называются скользящими.

Дальше, автор пишет, что, если, «вектор не может быть отделён от своей точки приложения, то два разных вектора изображают две разные физические величины». Наверное, понятие «различных физических величин», следует уточнить, потому что сравнивать две различные физические величины, например, силу в механике и плотность электрического тока вообще невозможно. Сравнение имеет смысл только в совокупности «однородных» предметов, образующих класс или множество [17]. В дальнейшем под сравнением будем понимать сравнение только одно-

родных физических величин. Естественно, что полный смысл сравнения и понятия физической величины раскроется только при рассмотрении различных сторон соответствующих явлений [20]. При углублённом исследовании приходится уточнять уже введённый термин «физическая величина». Под векторной физической величиной будем понимать физическую величину, которая характеризуется численным значением (модулем), направлением и точкой приложения.

Самым простым видом отношений [17], выявляемых путём сравнения, являются отношения тождества и различия. В математике и физике такой вид отношений для сравнения векторов допускают, вводя отношения равенства векторов ($\vec{a}=\vec{u}$) [7; 19]. Таким образом, наличие отношения равенства допускает принципиальную возможность сравнения векторных физических величин. Тогда остаётся выяснить, возможны ли для векторных физических величин другие отношения сравнения. Будем исходить из того, что однородные векторные физические величины имеют три признака (модуль, направление, точка приложения). Тогда под понятием отношения равенства понимается равенство только по модулю или равенство только по направлению или равенство по модулю и направлению. Точки приложения могут только совпадать или не совпадать. К ним отношения равенства больше или меньше неприменимы. Под отношением различия понимается различие хотя бы по одному признаку даже при совпадении двух других признаков.

Более сложным видом отношений есть отношение больше – меньше. Будем исходить из того, что векторная физическая величина может зависеть как от координаты, так и от времени. Очевидно, что отношение больше – меньше неприменимо к векторным физическим величинам, имеющим различное направление. Однако применение отношения больше – меньше допустимо для сравнения модулей таких величин. Ответ на вопрос о применении отношений больше – меньше к свободным или скользящим векторам не может быть таким категоричным. Действительно, рассмотрим момент пары сил. Это свободный вектор [19]. У него начальная точка может быть выбрана произвольно. Полагаем, что меняется только модуль сил. Тогда полученные векторы момента пары сил будут сохранять направление в пространстве. Выбрав и зафиксировав начальную точку, получим множество векторов, лежащих на одном луче и направленных в одну сторону. Приняв направление вектора за параметр такой системы, получим класс векторов по сути отличающихся только модулем, т.е. числом. Способ сравнения может быть следующим. Примем один вектор за базовый, т.е. меру. Обозначим его через \vec{a} . Совместим начало сравниваемого вектора \vec{b} с началом базового вектора \vec{a} . Могут быть только три результата сравнения:

- концы векторов совпадают – векторы равны ($\vec{a}=\vec{u}$);
- вектор совмещаемый пересекает базовый – второй вектор больше первого ($\vec{u}>\vec{a}$);
- вектор совмещаемый не пересекает базовый – второй вектор меньше базового ($\vec{u}<\vec{a}$).

Такой метод сравнения может быть применим также для сравнения двух векторов, один из которых получен из другого умножением на положительное число.

Аналогично можно рассуждать для случая сравнения скользящих векторов. Эти векторы направлены вдоль одной линии. Начала у них могут быть совмещены, т.е. сравнение можно производить так же, как и для свободных векторов.

Выводы:

1. Ко всем векторным физическим величинам одного класса применимы отношения тождества и различия.
2. К векторным физическим величинам одного класса, которые представимы в виде свободных или скользящих векторов, применимы отношения больше – меньше, для которых признак «направление» может играть роль параметра.
3. В случае, если векторная физическая величина не имеет своего направления в пространстве (например, напряжённость электрического поля плоского конденсатора, неподвижного в выбранной системе отсчёта), а меняется только по модулю, то к ней применимо отношение больше – меньше.
4. Выбранный подход позволяет обосновать употребление ряда терминов, например, «сила больше», «момент уменьшается» и т.д., что исключает неоднозначность их толкования.

Литература

1. Дик Ю. І. Міжпредметні зв'язки курсу фізики в середній школі / Дик Ю. І., Туришев І. П. – К. : Рад. шк., 1987.
2. Андреев А. Застосування математичних знань для розв'язання фізичних задач / Андрій Андреев, Оксана Марченко // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – №5. – С. 12–15.
3. Осауленко Л. Роль математики під час вивчення механічних рухів у курсах фізики та астрономії / Людмила Осауленко // Фізика та астрономія в школі. – 2005. – №5. – С. 20–22.
4. Швець В. Міжпредметні зв'язки математики і фізики: стан, проблеми, перспективи / Василь Швець, Лідія Бойко // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – №6. – С. 21–25.
5. Таран Ю. Про міжпредметний зв'язок «Фізика – математика» при

вивченні цих дисциплін у вищому технічному навчальному закладі / Юрій Таран, Павло Буланій // Освіта і управління. – 2002. – Т. 5, число 4. – С. 146–149.

6. Кучерук І. М. Загальний курс фізики : в 3-х томах / Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П. П. – К. : Техніка, 1996.

7. Математическая энциклопедия : в 5-ти томах / гл. ред. И. М. Виноградов. – Т. 2. – М. : Советская энциклопедия, 1512 с.

8. Фейнман Р. Задачи и упражнения с ответами и решениями / Фейнман Р. и др. – М. : Мир, 1978. – 540 с.

9. Гофман Ю. В. Законы, формулы, задачи физики / Гофман Ю. В. К. : Наукова думка, 1977. – 576 с.

10. Рымкевич А. П. Сборник задач по физике / Рымкевич А. П., Рымкевич П. А. – М. : Просвещение, 1994. – 190 с.

11. Савельев И. В. Курс общей физики : в 3-х т. – Т. 1. Механика и молекулярная физика / Савельев И. В. – М. : Наука, 1977. – 416 с.

12. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики / Тарг С. М. – М. : Наука, 1974. – 478 с.

13. Яременко В. Новий словник української мови : в 3-х томах / Василь Яременко, Оксана Сліпущко. – Т.2. – К. : Аконіт, 2001. – 926 с.

14. Физический энциклопедический словарь / гл. ред. Прохоров А. М. – М. : Советская энциклопедия, 1984. – 944 с.

15. Олійник В. Про деякі шляхи розвитку творчих здібностей учнів під час вивчення фізики / Володимир Олійник // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – №3. – С. 31–33.

16. Словарь иностранных слов. – 17-е издание, испр. – М. : Русский язык, 1988. – 606 с.

17. Новоселов М. М. О некоторых понятиях теории отношений / Новоселов М. М. // Кибернетика и современное научное познание. – М. : 1976. – С. 253–268.

18. Стоцкий Л. Р. Физические величины и их единицы : справочная книга для учителя / Стоцкий Л. Р. – М. : Просвещение, 1984.

19. Аппель П. А. Теоретическая механика : в 3-х томах / Аппель П. А. – Т. 1. – Статика. Динамика точки. – М. : Изд-во физико-математической литературы, 1960. – 515 с.

20. Теоретическая механика. Терминология. Буквенные обозначения величин. – Вып. 102. – М. : Наука, 1984. – 45 с.

ПРОФЕСІЙНО-ОРІЄТОВАНА ПОБУДОВА КУРСУ ФІЗИКИ – МОТИВАЦІЯ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

В.І. Вайданич, Г.М. Пенцак

м. Львів, Національний лісотехнічний університет України
forestviv@ukr.net

Дидактика вищої школи використовує розмаїття засобів і прийомів з метою активізації студентської аудиторії для вивчення фізики. Досить поширеною серед них є використання прикладів з галузі з висвітленням певних явищ, принципів роботи обладнання, технологічних процесів тощо. Перераховані прийоми важливі, але є фрагментарними.

Багаторічна практика викладання фізики у технічному ВНЗ настійно переконує, що потрібно перейти до викладання фізики на засадах, коли фізика органічно пов'язується з спеціальністю на всіх етапах і формах занять: лекційних, практичних, лабораторних, коли фізика інтегрована в наукові розробки і студентські роботи. Виходячи з цього, розроблена програма курсу фізики для напряму «Лісове і садово-паркове господарство».

Перш ніж перейти до характеристики програми, відзначимо, що сучасні лісові та лісозаготівельні господарства є комплексними структурами, які займаються не тільки лісовирощуванням, але й здійснюють лісозаготівельні, будівельні та інші види робіт, проводять первинну переробку деревини. В їх структурі наявна лісозаготівельна та інша техніка.

Навчальними планами для цих спеціальностей не передбачено вивчення електротехніки, теплотехніки, теорії механізмів і деталей машин та ін. Разом з тим вивчаються дисципліни: лісоексплуатація, лісотранспортні машини, меліорація тощо. Тому на фізику покладаються додаткові вимоги щодо компенсації деяких прикладних відомостей з названих дисциплін. З іншого боку, основним блоком професійно-орієнтованих дисциплін майбутніх фахівців лісового господарства є біологічний з дисциплінами: ботаніка, дендрологія, лісові культури, лісова генетика, лісоознавство та ін. Важливо, що курс біофізики відсутній в навчальному плані. Така різнобічність предметів вимагає своєрідного підходу в викладанні фізики.

Розглянемо структуру професійно-орієнтованого лекційного курсу та практичних занять на прикладі написаного авторами підручника «Фізика» (з лісоекологічними та біофізичними аспектами) [1] та відповідному йому «Збірника задач з фізики» [2], в двадцяти розділах яких викладений цілісний курс фізики в контексті лісівничих спеціальностей.

Будемо акцентувати увагу тільки на таких розділах, в яких найбільш органічно професійно-орієнтовані аспекти «вплітаються» у відповідне фізичне явище.

Розділ 2. Елементи механіки рідин і газів. Розглянуті сили в'язкості, що впливають на рух тіл у повітряному середовищі. Конкретно розглядається відхилення швидкості вільного падіння пристиглого насіння з дерева лісового насадження. Опір насіння до повітряного потоку залежить від вітрильності насіння. Під дією горизонтальних повітряних потоків, які можуть змінювати свій напрям, падаюче спіле насіння відхиляється від вертикальної осі і займає більшу за крону площу. Випадкові зіткнення насіння з гілками крони зумовлюють значно більші відхилення від осі падіння, створюючи додаткові можливості природного лісовідновлення. Останні важливі в умовах радіоактивного забруднення, де роботи лісгосподарського персоналу поєднуються з підвищеним ризиком для здоров'я.

Розділ 4. Молекулярно-кінетична теорія ідеальних газів. На основі розподілу Больцмана для частинок у зовнішньому потенціальному полі розглядається можливість визначення висоти зелених насаджень, які необхідно висадити, щоби концентрація частинок пилу у верхів'ї дерев зменшилася в n разів, вплив величини внутрішнього тертя на швидкість осідання на землю пилка, що виникає під час цвітіння дерев, приймаючи, що він підкоряється закону Стокса.

Розділ 5. Основи термодинаміки. Закони термодинаміки розповсюджуються і на такі нерівноважні відкриті динамічні макросистеми, як біологічні структури. Вони обмінюються з навколишнім середовищем як енергією, так і продуктами живлення. В процесі зростання і життя біологічного індивідууму відбувається виведення з організму продуктів життєдіяльності. Повна ентропія молекул – продуктів виділення більша, ніж зменшення ентропії, зумовлене виникненням упорядкованості біологічних систем, що не суперечить принципам термодинаміки. Швидкість зміни ентропії всередині системи дорівнює швидкості зміни ентропії внаслідок взаємодії організму із зовнішнім середовищем. Вона не може бути довільною і регулюється відомою теоремою Пригожина, відповідно до якої в системі, що перебуває в стаціонарному стані, за незмінних зовнішніх умов швидкість зростання ентропії за рахунок внутрішніх необоротних процесів приймає мінімальне, відмінне від нуля додатне значення.

Підвищення коефіцієнта корисної дії роботи двигунів внутрішнього згорання пов'язується з підвищенням температури нагрівача і використанням холодильника з якомога найнижчою температурою. Разом з тим, зростає забруднення довкілля тепловими викидами та вихлопами газів

горіння. «Зайве» тепло великих енергетичних об'єктів скидається в водойми, річки, озера і може спричинити екологічну кризу. Фахівцям важливо знати шляхи мінімізації таких негативних впливів.

Розділ 6. Реальні гази. Холодильна техніка, яка широко використовується, в тому числі в побуті, створює сприятливе тло для вивчення властивостей і поведінки реальних газів. Кріобіологія вивчає дію на живі організми низьких і наднизьких температур, стійкість організмів до переохолодження, способів захисту живих клітин і тканин в процесі заморожування, виведення морозостійких рослин. Адже різні мікроорганізми та безхребетні, а також спори, мохи, лишайники і насіння здатні переносити у висушеному стані глибоке охолодження до температур, близьких до абсолютного нуля. З'явилася можливість зберігати тривалий час насіння головних материнських видів культур, які згодом використовуються для створення нових сортів рослин.

Низькі температури використовуються в лікувальній практиці. Їх роль зросла з винайденням кріопротекторів, які послаблюють ефект кристалізації. Завдяки останнім зберігаються тривалий час у законсервованому стані кров, живі тканини, органи, які використовуються у медицині для трансплантації. У рідкому азоті зберігаються сотні тисяч одиниць препаратів біологічних тканин та клітин. На використанні низьких і наднизьких температур ґрунтується робота найсучасніших приладів і апаратів медичної діагностики.

Розділ 7. Конденсований стан речовини. Проміжний стан і дірковий характер рідин найкраще ілюструвати на прикладі фізичних властивостей води з огляду на те, що вода відіграє важливу роль у біологічних системах. Для їх пояснення важливо розкрити аномальні властивості води, її структуру в рідкому стані, особливості переходу в кристалічний стан, що зумовлює «пухку» структуру льоду.

Виняткової уваги заслуговує біофізика води. Тут на перший план виринає зв'язана вода. Її час осілого життя, провідність, рухливість, температура кристалізації різночотко відрізняється від звичайної води.

Капілярні явища дозволяють виділити ранню і пізню деревину за висотою піднятої води в судинах деревини. Висота підймання води в деревині корелює з розмірами діаметра судин, а відтак є надійним демонстраційним засобом для відтворення річних кілець росту.

Завдяки спрямованим водневим зв'язкам сили когезії між молекулами води надзвичайно великі, а в поєднанні з від'ємним тиском в капілярах рослин вони відповідальні за доставку поживних речовин та води від коренів до найвищих листочків.

Складним органічним молекулам, таким як ДНК і вірусам, властивий рідкокристалічний стан. Тому рідкокристалічні біологічні структури

надто чутливі до зміни температури і відносяться до фазового переходу першого роду. Йому належить важлива роль у холодостійкості рослин.

Розділи 8, 9. Електростатика та постійний струм. Тему електростатика сміливо можна викладати на прикладі живої клітини, в якій наявні диполі, напруженості утворених зарядами полів, різниця потенціалів на стінках мембрани, ємність і опір останньої тощо. Розпочнемо з діелектричних властивостей води. Тут теж проявляються її аномальні властивості, її діелектрична проникність приймає аномально велике значення і в статичних полях дорівнює 81, а в тонких шарах зв'язаної води вона зменшується в 10 разів. Пояснюється це тим, що мембранні шари еквівалентні звичайному конденсатору. У воді електричне поле виходить з конденсатора, оскільки молекула води, що знаходиться всередині конденсатора змусить молекулу поза конденсатором відповідним чином орієнтуватися. Остання, в свою чергу, зорієнтує наступні з утворенням значного електричного поля за межами конденсатора.

Біоелектричні потенціали. Між зовнішнім і внутрішнім середовищем кожної живої клітини підтримується різниця потенціалів $\sim 0,1$ В. Її джерелом є створюваний клітиною йонний градієнт між зовнішнім і внутрішнім середовищем. Розрізняють потенціал спокою, потенціал дії та ін. Потенціал спокою існує в живих клітинах у спокої, за величиною складає 60–90 мВ і описується формулою Нернста. Потенціал дії виникає завдяки збудженню клітини і відповідно виникає різниця потенціалів. Передача сигналу по нервовому волокну відбувається шляхом замикання кола між двома парами звичайних і переполаризованих йонів натрію з естафетною передачею збудження наступним ділянкам.

Біопотенціали рослин подібно до тваринних виникають завдяки різному йонному складу і проникності йонів через мембрани, з тією різницею, що ту роль, яку відіграють йони натрію у клітинах тварин, у клітинах рослин відіграють йони кальцію.

Оскільки на зовнішній поверхні напівпроникної клітинної мембрани і внутрішнім міжклітинним середовищем внаслідок дифузії йонів появляються заряди протилежного знаку, виникає відповідної величини різниця потенціалів, що можна уподібнити до заряджання конденсатора, а своєрідними «пластинами» виступає внутрішньоклітинне та міжклітинне середовище з відстанню між ними, рівною товщині мембрани. Стінка мембрани володіє вхідним опором, провідністю і тому здатна пропускати електричний струм, який підкоряється закону Ома.

Розділ 10. Електромагнетизм. Біологічні об'єкти здатні реагувати на магнітне поле. Це означає, що в організмі тварин знаходяться джерела постійного магнітного поля (болотні бактерії, бджоли, птахи), або тварини володіють механізмом його виявлення.

Біоструми, які генеруються в живому організмі внаслідок життєдіяльності клітини, породжують низькоінтенсивні магнітні поля з індукцією 10^{-14} – 10^{-11} Тл, які можливо фіксувати за межами організму через їх високу проникність. Біомагнітні поля органу можуть дати цінну інформацію про його стан, а інколи й про організм загалом. Магнітоенцефалограми суттєво переважають їхні електричні аналоги.

Магнітні поля впливають на рослинний світ. Потужні магнітні поля близько 1 Тл пригнічують ріст, уповільнюють процеси фотосинтезу. Деякі рослини орієнтують кореневу систему відносно магнітного поля.

Розділи 14–16. Геометрична, хвильова та квантова оптика. Чутливим елементом до світла ростової клітини є пігмент фітохром. Основна маса фітохрому зосереджена у «вузлі», який розташований, наприклад, у вівса в підземній частині рослини на глибині до 4,5 см. Світло потрапляє у вузол у підземну частину рослини завдяки тому, що стебло є природним «світловодом». Клітини стебла утворюють волоконну сітку, елементи якої проводять світло завдяки явищу повного внутрішнього відбивання. У вузлі відбувається інтенсивний поділ клітин, що зумовлює ріст рослини. Тому трави і злаки продовжують рости навіть після скошування.

Прикладом демонстрації широких смуг поглинання є поглинання хлорофілу в ефірі з максимумами у червоній і в синьо-фіолетовій ділянках спектра. Фотосинтез відбувається внаслідок поглинання листом молекул вуглекислого газу, води і квантів видимого світла в цих ділянках. Знаючи затрати квантів сонячної радіації на продукування молекули кисню, стає можливим віднаходити запаси фітомаси деревостану або його приріст за вегетаційний період.

Важливим з точки зору екології та біофізики є спектр поглинання озоновим шаром атмосфери Землі ультрафіолетової ділянки сонячного спектра з максимумом 250 нм, оберігаючи все живе на Землі від згубної дії короткохвильової ультрафіолетової радіації.

Практичне використання знаходить явище повертання площини поляризації, дослідження повертання площини поляризації найважливішими біологічними молекулами і з'ясування їхньої природи.

Розділ 17. Фізика атомів і молекул. Метод електронного парамагнітного резонансу в біології використовується для дослідження вільних радикалів, природи хімічних зв'язків. Багато відомостей про будову молекул дає також дослідження комбінаційного розсіяння світла.

Біологічні об'єкти є природними випромінювачами електромагнітних хвиль, оскільки процеси, що відбуваються в живому організмі, створюють власні фізичні поля. Джерелом електромагнітного випромінювання є електрична активність органів. Розглянуто біологічну дію

електромагнітного випромінювання і власні поля біологічних об'єктів.

Джерелом інфрачервоних хвиль є теплове електромагнітне випромінювання. Його інтенсивність можна оцінити на підставі законів теплового випромінювання. Інфрачервоне випромінювання людини в діапазоні 3–10 мкм вимірюють тепловізором. Спектральний склад теплового випромінювання змінюється з підвищенням температури і фіксується тепловізором у кольоровому зображенні.

Інфрачервоне випромінювання інтенсивно поглинається тканинами тіла і згасає на відстані 100 мкм, підкоряючись закону Бугера. Для визначення температури глибинних шарів проводять вимірювання інтенсивності випромінювання тіла в високочастотному діапазоні з глибиною проникнення хвиль кілька сантиметрів. Метод застосовується в медицині для діагностики злоякісних пухлин.

Розділ 18. Фізика твердого тіла. Інфрачервоні технології на основі фотоприймачів HgCdTe допомагають відслідковувати стан посіву сільськогосподарських культур, лісових насаджень, проводити ранню діагностику їхніх захворювань, складати довгострокові прогнози врожайності, здійснювати глобальний контроль забруднення довкілля й розв'язувати на цій основі проблеми екології. ІЧ-термографи дають змогу проводити діагностику багатьох захворювань. ІЧ-телевізор бачить у темряві, крізь листя, пилюку й туман, крізь товщу води й навіть землі, тому використовується для контролю за пожежною безпекою, технологічними процесами у промисловості, для дистанційного виявлення лісових пожеж, осередків загорання торфовищ, їх підземних залишків та багато іншого.

Сама основа життя – це нанотехнологія, тому що життя – це сукупна організована робота мільйонів біологічних наномашин. Клітини організмів формуються з участю атомів Карбону, отже молекули фулеренів активно реагують з біологічно важливими молекулами. На цьому ґрунтується перспектива одержання нових лікарських препаратів, коагулянтів для виведення радіоактивних елементів.

Створюються біосенсори – гібриди біологічних фізичних частинок, які реагують на запрограмовану речовину: алкоголь, етанол, фенол тощо, призначені для контролю якості речовин. Розробляються наночастинки, які спроможні акумулюватися в пухлині організму з прикріпленнями до них лікарськими препаратами.

Наноструктури, нанотехнології започатковують нові підходи до вирішення багатьох екологічних проблем. Зокрема, впроваджуються нанофільтраційні мембрани для отримання абсолютно чистої води для фармацевтичної промисловості, одержання знесоленої води, придатної для споживання, очищення водних стоків.

Великі органічні молекули належать до класу наноструктур, на базі яких вбачається можливим створення в майбутньому одноелектронних транзисторів, для вмикання-вимикання яких достатньо буде одного електрона. З їх появою можна прогнозувати приход нових поколінь комп'ютерів – оптичних, молекулярних, квантових, на базі ДНК.

Розділ 19. Фізика атомного ядра. Оскільки ядра ^1H , ^{13}C , ^{15}N , ^{19}F , ^{31}P та інші володіють магнітними моментами, їм властивий ядерний магнітний резонанс. Ці ядра є складовими біологічних живих клітин. Завдяки цьому, явище ядерного магнітного резонансу лежить в основі ЯМР-томографії. Вода – основна складова частина біологічних об'єктів, тому отримують резонансний відгук від протонів, як наслідок дії електромагнітного випромінювання. Тканинам пухлин властива більша намагніченість, тому сигнал ЯМР-ділянок пухлин відрізняється від нормальних тканин. Все це здійснюється без руйнування тканин, тому можна проводити дослідження на живих об'єктах. ЯМР-томограф працює з використанням надпровідних магнітів, надчутливих сквідів-магнітометрів, завдяки яким проводиться реєстрація слабих магнітних полів.

Внаслідок взаємодії іонізуючих випромінювань з водою, яка є складовою біологічної тканини, відбувається радіоліз води. Відповідно, виникають невласиві організмові речовини, що призводить до зміни функціональної активності біологічних систем та обміну речовин.

Клітина містить спадкову інформацію, яку передає шляхом поділу. Найнебезпечнішим для клітини є опромінення в момент поділу, ураження самого апарату поділу, або ще гірше, коли клітина набуває через порушення ДНК нових властивостей, які спадково закріплюються, що призводить до утворення білків з порушеною структурою.

Загалом, неможливо визначити рівень радіації, нижче від якого пошкодження у людини не були б шкідливі. Таким чином, будь-яка дія іонізуючого випромінювання становить певний ризик появи у людини несприятливих чинників.

Широко використовується зовнішнє γ -опромінення, як правило, ізотопом ^{60}Co (кобальтова «гармата») для радіаційного впливу на глибинні пухлини і злоякісні утворення. Виняткової ваги набув сучасний інструментарій нейрохірурга – «Гамма-ніж». Набагато ефективніші лінійні електронні прискорювачі, що поєднують дві функції – діють як гамма-ніж для головного мозку, а також можуть знищувати пухлини.

Цікавість до вивчення питань ядерної фізики привнесла Чорнобильська катастрофа. Важливо з'ясувати наслідки цієї аварії на аналізі природного радіаційного фону, джерела, що формують радіаційний фон, розглянути радіологічний контроль сільськогосподарської продукції, ягід, грибів, лікарських рослин, деревини та ін. на вміст радіонуклідів за

допомогою сцинтиляційного γ -спектрометра або радіометрів.

На завершення цього розділу треба дійти висновку, що попри негативний вплив Чорнобильської катастрофи на сьогодні альтернативи ядерній енергетиці не існує. Поряд з цим треба розвивати нетрадиційні джерела енергії, щоб припинити негативні наслідки зміни клімату.

З викладеного зрозуміло, що пропонований підручник «Фізика» (з лісоекологічними та біофізичними аспектами) і розроблена на його основі професійно-орієнтована програма курсу фізики не носять вузько професійного напрямку, а розраховані на широке коло спеціальностей: агрономічних, екологічних, біофізичних, технологічних тощо.

Реалізація запропонованої програми разом з науковими розробками і отриманими патентами, в яких поєднується фізика і майбутня спеціальність фахівця, створюють сприятливі умови для вивчення фізики, що позначиться на покращенні професійних якостей фахівця.

Література

1. Вайданич В. І. Фізика (з лісоекологічними та біофізичними аспектами) : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Вайданич В. І., Пенцак Г. М. – Львів : ЗУКЦ; НЛТУУ, 2009. – 648 с.

2. Вайданич В. І. Збірник задач з фізики / Вайданич В. І., Пенцак Г. М. – Львів : Авіум ; НЛТУУ, 2008. – 388 с.

РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СВІТЛА У ПРОЗОРОМУ НЕОДНОРІДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Б.М. Валійов¹, В.Д. Єгоренков¹, О.К. Капустник¹, А.О. Мінаков²
¹ м. Харків, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна
² м. Харків, Радіоастрономічний інститут НАН України
yegorenkov@univer.kharkov.ua

Ми почнемо з явища, яке демонструє нам природа, наприклад, влітку на дорозі, і яке іноді називають «калюжі» на асфальті (рис. 1 [1]).



Рис 1. «Калюжі» на асфальті

Рис. 1 зроблений у ясний літній день, коли на асфальті, як здається, залишилося трохи води після дощу. У цій «воді» навіть можна спостерегти відбиток навколишнього пейзажу. Але варто підійти ближче, як ця картина зникає і виявляється, що шлях зовсім сухий. Багату інформацію щодо оптичних явищ у природі, і зокрема про «калюжі» на асфальті можна знайти у прекрасній книзі [2].

Для відтворення характеру подібного розповсюдження світла у демонстраційному експерименті в аудиторії було запропоновано декілька експериментів, огляд та детальне викладення яких можна знайти у книзі [3]. Ми використовуємо на наших лекціях спостереження розповсюдження світла у воді, у якій розчинено сіль або цукор, та у органічному склі.

1. Експеримент з чистою водою та розчином солі

Візьмемо кювету (довжина 690 мм, висота 155 мм та ширина 55 мм, загальним об'ємом 6 літрів, рис. 2а) та наллємо в неї 4 літри чистої води з-під крану. За допомогою спеціально виготовленого перископа створимо у вертикальній площині два паралельних між собою лазерних променя (із відстанню 5 см між ними), пропустимо їх крізь кювету приблизно паралельно дну і позначимо стрілочкою положення верхнього променя на виході. Відстань між променями на виході залишилася незмінною.

Насиплемо у кювету (біля входу променів) 4 ложки (по 50 г кожна) повареної солі. Через деякий час внаслідок розчинення утвориться градієнт концентрації солі, направлений до його нерозчиненого залишку. Це спричинить викривлення обох променів, і верхня пляма на виході з кювети опуститься нижче стрілочки (рис. 2б). При експерименті в аудиторії видно, що нижній промінь викривлений більше, ніж верхній.

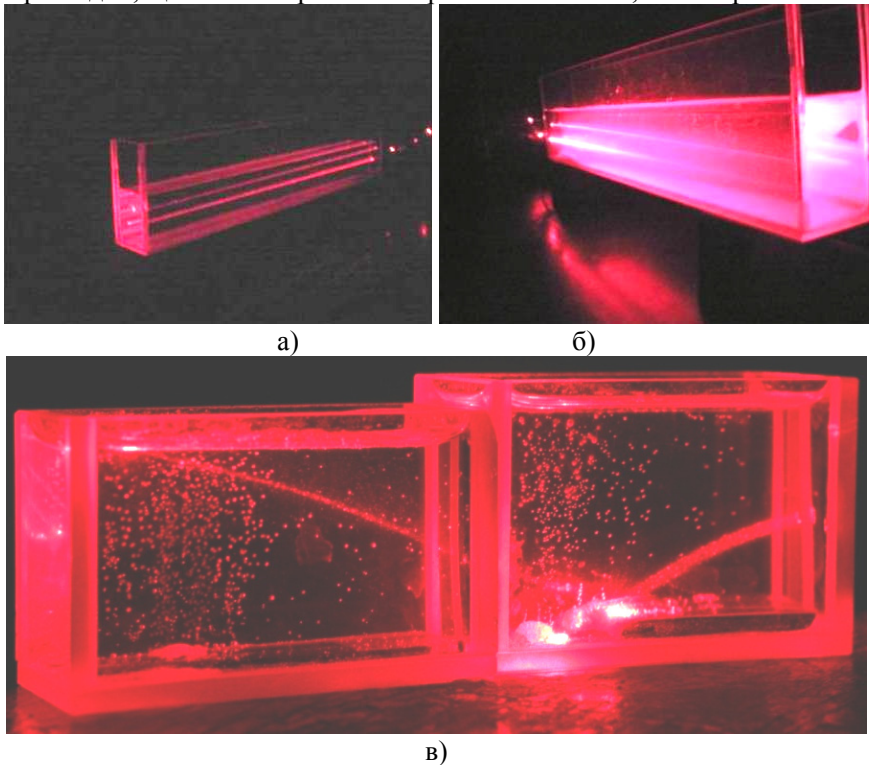


Рис 2. Рефракція лазерного світла у чистой воді (а), розчині солі (б) та розчині цукру (в)

2. Експеримент із розчином цукру

Опишемо демонстраційний експеримент із розчином цукру у воді (рис. 2в). Тут використано дві кварцові кювети, на дно яких покладено шматочки дзеркала. Права кювета має довжину 56 мм, ширину 24 мм та висоту 39 мм. Ліва кювета має довжину 56 мм, ширину 24 мм та висоту 34 мм. Товщина стінок обох кювет складає 3 мм. Потім кювети наповнюються дистильованою водою, і у кожній з них ми розчиняємо по грудочці пресованого рафінаду (довжина 30 мм, ширина 22 мм, товщина 9 мм). Ми ставимо грудочку із найбільшим розміром у вертикальному напрямку (коло правого борту кювети) для подальшого утворення вертикального градієнту концентрації цукру, причому очевидно, що максимум концентрації досягається коло дна кювет. Зазвичай ми готуємо цей експеримент з вечора на ранок наступного дня (від моменту початку розчинення до моменту зйомок проходить 16–18 годин).

Пучок лазерного світла входить у кювету справа вниз під кутом приблизно 30–35 градусів до горизонту, заглиблюється у розчин, досягає дна, а потім, відбившись від дзеркала на дні, продовжує свій рух, переходячи у другу кювету. Цей експеримент дозволяє бачити промінь на протязі всього його руху у розчині. Добре видно криволінійний шлях променя у неоднорідному середовищі.

3. Експеримент із органічним склом

Для даного експерименту ми виготовили кювету (довжина 123 мм, ширина 60 мм, висота 40 мм) із суцільного бруска органічного скла із порожниною краплеподібної форми, найбільша ширина якої складає 20 мм, довжина 70 мм, та радіус кривизни 200 мм (рис. 3а, г).

Перископ надає нам можливість отримати із одного лазерного променя два паралельні промені, причому ми можемо зміщувати їх один відносно іншого у вертикальній площині. Ці два промені проходять всередині органічного скла поблизу порожнини та відображаються на екрані, який розміщено за кюветою, утворюючи дві червоні плями.

Градієнт показника заломлення у матеріалі кювети можна створити двома способами. У порожнину кювети ми наливаємо, наприклад, киплячу воду. Через деякий час ми помічаємо, що плями на екрані починають віддалятися одна від одної у горизонтальній площині (рис. 3б, в).

Якщо ж замість киплячої води налити у порожнину скраплений нітроген, то будемо спостерігати наближення плям світла одна до одної (рис. 3д, е).

4. Аналітичний розгляд у рамках геометричної оптики [4–6]

Рівняння Максвелла охоплюють всі електромагнітні явища, в тому

числі оптичні. Тому будь-яка задача, що відноситься до кола цих явищ, може бути сформульована на мові рівнянь Максвелла як сувора математична задача. Але такий загальний підхід, як правило, дуже складний, тому що треба враховувати як граничні, так і початкові умови. Точні рішення рівнянь Максвелла можна отримати тільки у низці найпростіших випадків, коли задача характеризується значною симетрією. Між тим є велика область змінних полів, в якій рівняння Максвелла можуть бути значно спрощені. Це область дуже коротких хвиль, настільки коротких, що довжина хвилі у першому наближенні взагалі не фігурує. Для цього необхідно, щоб довжина хвилі λ була значно менше всіх характерних розмірів задачі $\lambda \ll a$, де a – найменший з цих розмірів. В цьому випадку розповсюдження електромагнітного поля відбувається вздовж певних геометричних ліній, що називаються променями, і властивості цих променів не залежать у першому наближенні від довжини хвилі. Інакше кажучи при $\lambda \ll a$ закони електромагнітного поля можуть бути сформульовані мовою геометрії. Цей випадок носить назву геометричної (або променевої) оптики тому, що видиме світло характеризується дуже малою довжиною хвилі (від 400 до 700 нм) порівняно з характерними розмірами оптичних приладів.

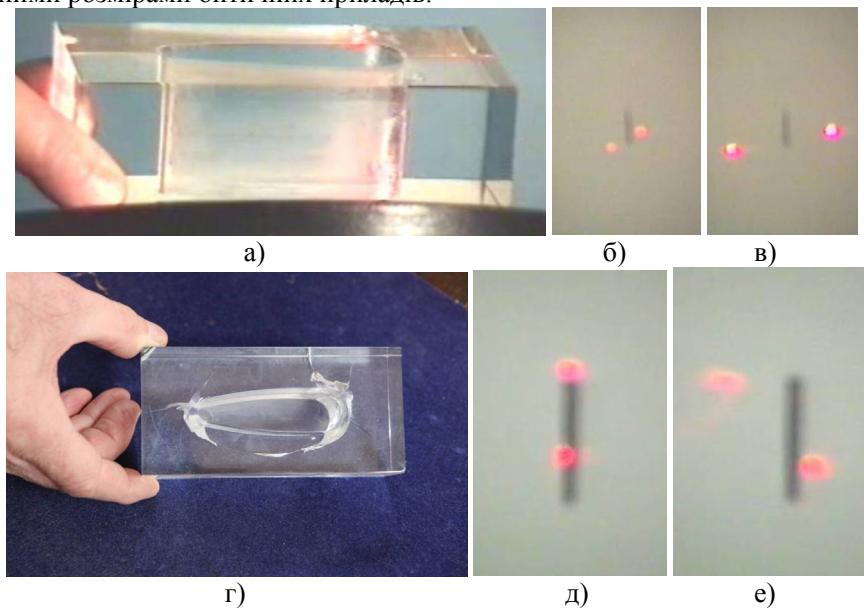


Рис. 3. Кювета з окропом (а, б, в) та скрапленим нітрогеном (г, д, е)

У наступному наближенні по малому параметру λ/a почне проявлятися хвильова природа світла. Ці прояви носять загальну назву дифракції

ційних явищ. У наближенні геометричної оптики поля $\vec{E}(\vec{r})$, $\vec{H}(\vec{r})$ мають структуру, близьку до структури полів у плоскій хвилі, а саме:

$$\vec{E}(\vec{r}) = \vec{A}(\vec{r}) \exp\left[i \frac{\omega}{c} L(\vec{r})\right], \vec{H}(\vec{r}) = \vec{B}(\vec{r}) \exp\left[i \frac{\omega}{c} L(\vec{r})\right],$$

де $L(\vec{r})$ – якась функція точки \vec{r} , яка замінює функцію $N\vec{r}\vec{n}$, що входила в вираз для плоскої хвилі, а $\vec{A}(\vec{r})$, $\vec{B}(\vec{r})$ – величини, що повільно змінюються в просторі. Функцію $L(\vec{r})$ називають оптичним шляхом, або ейконалом («ейкон» грецькою мовою значить «зображення», звідси і українське слово «ікона»).

Розглянемо невеличкі просторові ділянки Δr , такі, що $\lambda_0 \ll \Delta r \ll a$ ($\lambda = 2\pi v/\omega$ – довжина хвилі у вакуумі). На таких ділянках функція $L(\vec{r})$ мало відрізняється від лінійної, тому можна ввести локальний хвильовий вектор $\vec{k} = \vec{k}(\vec{r})$ як:

$$\vec{k}(\vec{r}) = \frac{\omega}{c} \frac{\partial L}{\partial \vec{r}}.$$

Лінія, дотична до кривої $\vec{k}(\vec{r})$ в кожній точці \vec{r} , носить назву променя.

Рівняння для променя може бути записано у формі:

$$N(\vec{r}) \frac{d\vec{r}}{ds} = \text{grad } L$$

(s – довжина дуги променя). Якщо $N = N(\vec{r})$, то промінь не є прямою лінією.

Поверхні $L(\vec{r}) = \text{const}$ носять назву хвильових поверхонь. В однорідному середовищі хвильові поверхні – це площини, перпендикулярні хвильовому вектору. В загальному випадку неоднорідного середовища хвильові поверхні не є плоскими. Промені утворюють сімейство ліній, ортогональних до хвильових поверхонь.

Локальний хвильовий вектор зв'язаний з частотою та показником заломлення таким самим співвідношенням, як і у випадку плоскої хвилі. Відмінність лише у тому, що тепер як хвильовий вектор, так і показник заломлення залежать від координат точки. Згадуючи зв'язки

$$k = \frac{\omega}{c} N, \vec{k}(\vec{r}) = \frac{\omega}{c} \frac{\partial L}{\partial \vec{r}},$$

ми бачимо, що:

$$\frac{\omega^2}{c^2} N^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \left(\frac{\partial L}{\partial \vec{r}} \right)^2,$$

тобто, якщо написати у проекціях:

$$\left(\frac{\partial L}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial z}\right)^2 = N^2.$$

Це і є основне рівняння геометричної оптики, що називається рівнянням ейконалу.

Можна поставити питання про форму променя в довільному неоднорідному середовищі, коли показник заломлення N є довільною функцією радіуса-вектора \vec{r} . Для цього необхідно використати рівняння променя $N(d\vec{r}/ds) = \text{grad}L$, переписавши його так, щоб в нього входила не функція $L(\vec{r})$, що визначає хвильові поверхні $L(\vec{r}) = \text{const}$, а тільки показник заломлення $N(\vec{r})$. Продиференціюємо рівняння променя по s .

$$\frac{d}{ds} \left(N \frac{d\vec{r}}{ds} \right) = \frac{d}{ds} \nabla L = \frac{d\vec{r}}{ds} \nabla(\nabla L) = \frac{1}{N} \nabla L \nabla(\nabla L) = \frac{1}{2N} \nabla(\nabla L)^2$$

Використовуючи рівняння ейконалу $(\nabla L)^2 = N^2$, отримаємо диференційне рівняння для знаходження форми променя

$$\frac{d}{ds} \left(N \frac{d\vec{r}}{ds} \right) = \text{grad}N.$$

Із цього рівняння видно, що в однорідному середовищі промені представляють собою прямі лінії: $d\vec{r}/ds = \text{const}$.

Рівняння для форми променя у неоднорідному середовищі можна також отримати із варіаційного принципу, який у цьому випадку носить назву принципу Ферма, якому і належить як запровадження принципу, так перше виведення даного рівняння. Функціоналом тут є довжина оптичного шляху променя між двома точками у неоднорідному середовищі.

Це рівняння можна переписати у іншій формі за допомогою трійки ортів, що використовуються у диференціальній геометрії: вектори дотичної $\vec{\tau} = d\vec{r}/ds$, головної нормалі $\vec{a} = R(d\vec{\tau}/ds)$ та бінормалі \vec{b} . Розкриваємо похідну в лівій частині рівняння

$$\frac{d}{ds} \left(N \frac{d\vec{r}}{ds} \right) = \frac{d\vec{r}}{ds} \frac{dN}{ds} + N \frac{d}{ds} \left(\frac{d\vec{r}}{ds} \right) = (\vec{\tau} \nabla N) \vec{\tau} + N \frac{d\vec{\tau}}{ds}.$$

Тоді з рівняння для променя отримаємо, що

$$\frac{\vec{a}}{R} = \frac{1}{N} (\nabla N - \vec{\tau}(\vec{\tau} \nabla N)).$$

Із цієї форми рівняння для променя випливає важливий висновок: в неоднорідному середовищі промінь вигинається в бік збільшення показ-

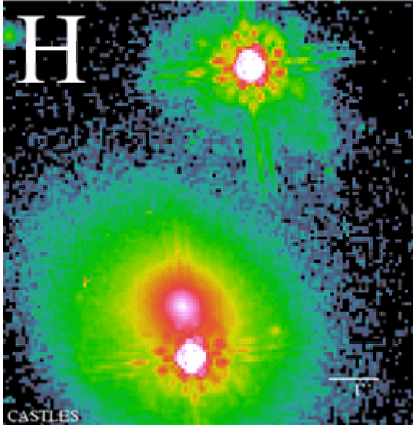
ника заломлення.

Дійсно, якщо помножити це рівняння на головну нормаль і врахувати, що це – вектор одиничної довжини, то

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{N} \bar{a} \nabla N; (\bar{a} \bar{\tau}) = 0.$$

5. Модель гравітаційної лінзи БлюМіна [7–8]

Перший подвійний квазар було відкрито в 1979 році (рис. 4).



Quasar redshift

$$z_s = 1,41$$

Lensing galaxy redshift

$$z_L = 0,36$$

Angular distance between the components

$$\Delta \Psi_{A,B} = 6,26''$$

Filter II - 1.6 μm .

Рис. 4. Подвійний квазар (Q0957+561 A, B), відкритий D. Walsh, R. Carswell, and R. Weymann

В 2009 році астрономи та астрофізики святкують своєрідний ювілей – тридцятиріччя знаходження першої гравітаційної лінзи. Ефект гравітаційної лінзи полягає у тому, що у полі тяжіння промінь світла відхиляється у бік більш сильного поля, тому шлях променів світла викривлюється і масивне космічне тіло може призвести до утворення своєрідної лінзи, величезної космічної лінзи. Наприклад, промені світла, які проходять у полі тяжіння Сонця, відхиляються його диском на кут 1,75 секунди. Цей ефект був передбачений ще А. Ейнштейном у 1915 році на ґрунті загальної теорії відносності. Він також неодноразово спостерігався у оптичному та радіодіапазонах. Промені, які огинають зірку з усіх боків, можуть перетинатися позаду неї (рис. 5).

Даний ефект можна промодельовати за допомогою простої оптичної моделі у лабораторних умовах (рис. 6).

Модель виготовлена із органічного скла. Форму її підібрано таким чином, щоб промені у ній заломлювалися так само, як це відбувається у полі тяжіння сферичних зірок. Справа у тому, що закон відхилення променів у цій лінзі суттєво відрізняється від звичайної ідеальної збираль-

ної лінзи. Якщо у звичайної довгофокусної лінзи прицільний параметр лінійно зростає, то у цієї (гравітаційної) навпаки, тобто із збільшенням прицільного параметру кут відхилення збільшується обернено пропорційно до прицільного параметру. Тому вона має своєрідні оптичні властивості. Модель надає можливість продемонструвати деякі з них.

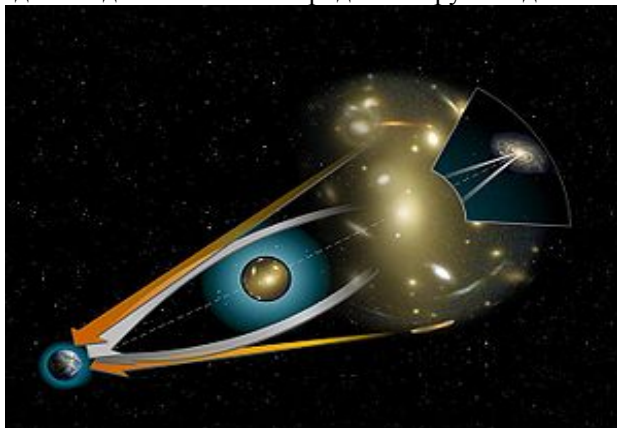


Рис. 5. Хід променів, які огинають зірку

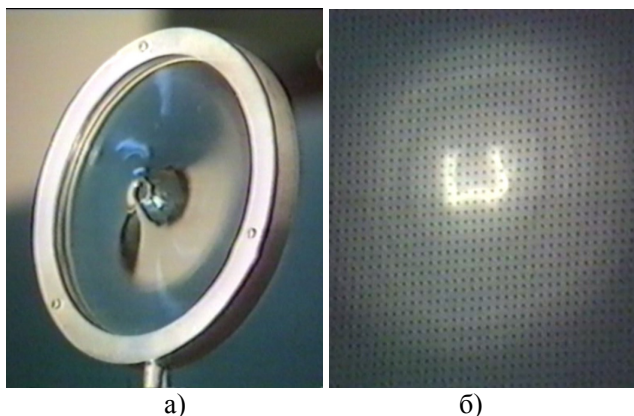


Рис. 6. Модель гравітаційної лінзи (а) та спіраль лампочки (б).

Вперше в світі, ще в 1976 році, модель гравітаційної лінзи була виготовлена у РАІ НАНУ А.О. Мінаковим та П.В. Бліюхом та захищена авторським свідоцтвом в 1983 році [8].

Лінза з одного боку має плоску поверхню, а друга змінюється згідно логарифмічного закону, тому промені, які проходять крізь лінзу, заломлюються так само, як у полі тяжіння зірки. Можна безпосередньо побачити

чити складну форму лінзи. Центральна частина лінзи заклеєна чорним непрозорим кружечком, який імітує непрозорий диск зірки. Ця форма лінзи, як уже зазначалося, точно повторює закон заломлення променів.

Ви бачите на екрані дійсне зображення нитки лампи розжарювання, яке створюється за допомогою моделі гравітаційної лінзи. У випадку звичайної сферичної збиральної лінзи таке зображення може бути утворено лише в площині зображення. Якщо вийти із площини зображення, воно зникає. Властивості гравітаційної лінзи кардинально відрізняються від звичайних оптичних (рис. 7). Вона формує зображення, яке є дійсним у будь-якій площині спостереження незалежно від відстані до лінзи.

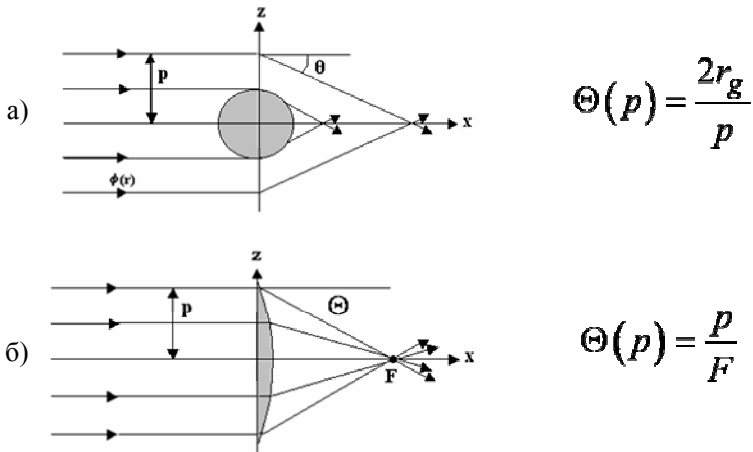
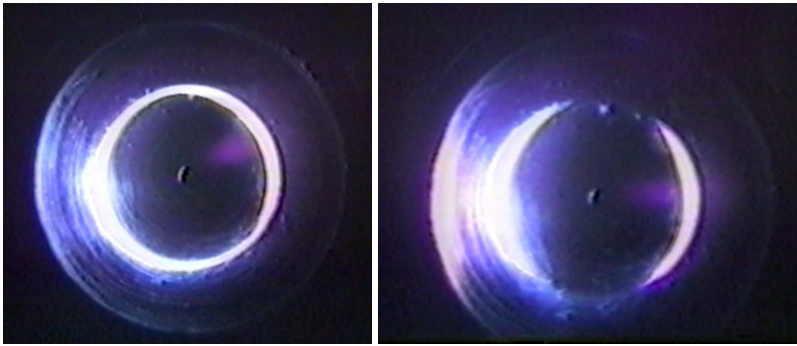


Рис. 7. Порівняння дій гравітаційної (а) та звичайної лінз (б)

Ви бачите, що при пересуванні лінзи зображення джерела залишається. Якість зображення гірша за якість зображення у звичайних лінзах, але перевага полягає у тому, що ви його можете отримати вздовж усієї дистанції при віддаленні лінзи від чи наближенні її до джерела. При спостереженні джерела світла крізь лінзу ви бачите кільцеве зображення, яке зветься «кільцем Ейнштейна» (рис. 8а).

Воно виникає, коли джерело світла, об'єкт з великою масою та спостерігач знаходяться на одній прямій. Якщо спостерігач зміститься трошки убік від осі джерело-лінза, то він побачить два зображення одного джерела (рис. 8б).

Це так зване подвоєння зображення, яке спостерігається зараз у випадку багатьох кандидатів у гравітаційні лінзи. Всі експерименти з гравітаційною лінзою були виконані на установці, зображеній на рис. 9.



а) б)
Рис. 8. «Кільце Ейнштейна» (а), подвоєне зображення (б).

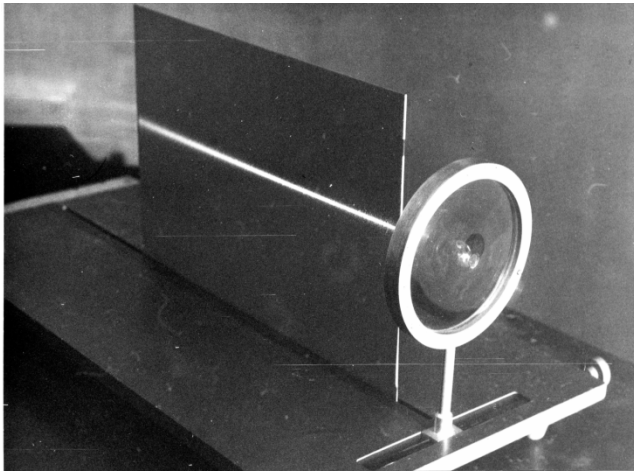


Рис. 9. Модель гравітаційної лінзи БлюМіна в дії

Широкий паралельний пучок світла падає на модель гравітаційної лінзи, яка створює за нею вузький яскравий промінь, що залишає слід на екрані, вздовж якого він розповсюджується і не утворює фокуса подібно до звичайної лінзи.

Література

1. Paraselene.de [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.paraselene.de/>
2. Миннарт М. Свет и цвет в природе / Марсель Миннарт. – М. : Наука, 1969. – 360 с.
3. Майер В.В. Простые опыты по криволинейному распространению

нию света / В.В. Майер. – М. : Наука, 1984. – С. 106-113.

4. I. Newton. Opticks: or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light / Newton, Isaac. – The third edition, corrected. – London : William and John Innys, 1721. – 382 p.

5. Ахиезер А. И. Электромагнетизм и электромагнитные волны / А. И. Ахиезер, И. А. Ахиезер. – М. : Высшая школа, 1985.

6. Ньютон И. Лекции по оптике / Исаак Ньютон ; перевод, комментарии и редакция академика С. И. Вавилова. – М. : Издательство Академии наук СССР, 1946. – 298 с.

7. Блюх П. В. Гравитационные линзы / П. В. Блюх, А.А. Минаков // Космонавтика, астрономия. – 1990. – №1. – С. 13-21.

8. Блюх П. В. Устройство для моделирования преломления электромагнитных волн в неоднородных сферически-слоистых средах / П. В. Блюх, А. А. Минаков, А/С SU №1054830 «А», 15.11.1983

ІНТЕГРАЦІЯ ФІЗИКИ ТА ПРОФЕСІЙНИХ ДИСЦИПЛІН В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ СПЕЦІАЛІСТІВ У СИСТЕМІ ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ I-II РІВНІВ АКРЕДИТАЦІЇ

М.М. Васько

м. Київ, Київський коледж зв'язку

Розвиток сучасного поділу праці в Україні потребує вирішення ряду соціальних, виробничих та наукових завдань у сфері освіти. Вирішення цих завдань покладається на фахівця, здатного забезпечити належну ефективність та безпечність праці певної кваліфікації, що неможливо без оволодіння ним необхідного рівня освіти. Ця задача досягається реалізацією системи освітніх та освітньо-професійних програм і повинна узгоджуватися зі складністю соціальних і професійних завдань та обов'язків.

У законі України «Про освіту», вказується, що «освіта – основа інтелектуального, культурного, духовного, соціального, економічного розвитку суспільства і держави. Метою освіти є всебічний розвиток людини як особистості та найвищої цінності суспільства, розвиток її талантів, розумових і фізичних здібностей, виховання високих моральних якостей, формування громадян, здатних до свідомого суспільного вибору, збагачення на цій основі інтелектуального, творчого, культурного потенціалу народу, підвищення освітнього рівня народу, забезпечення народного господарства кваліфікованими фахівцями» [1].

У законі України «Про загальну середню освіту» вказується, що «загальна середня освіта – цілеспрямований процес оволодіння систематизованими знаннями про природу, людину, суспільство, культуру та виробництво засобами пізнавальної і практичної діяльності, результатом якого є інтелектуальний, соціальний і фізичний розвиток особистості, що є основою для подальшої освіти і трудової діяльності. ... Загальна середня освіта спрямована на забезпечення всебічного розвитку особистості шляхом навчання та виховання, які ґрунтуються на загальнолюдських цінностях та принципах науковості, полікультурності, світського характеру освіти, системності, інтегративності, єдності навчання і виховання, на засадах гуманізму, демократії, громадянської свідомості, взаємоповаги між націями і народами в інтересах людини, родини, суспільства, держави» [2]. Тому головним завданням системи ВНЗ I-II рівнів акредитації є формування професійного ядра висококваліфікованих фахівців з усіх напрямків підготовки, надаючи їм необхідні знання, навички та вміння працювати в умовах ринкових відносин [3].

Проблема вдосконалення науково-теоретичної та практичної підготовки майбутніх фахівців є однією з найактуальніших у світовій та професійній освіті. Сучасне суспільство має освітню потребу у формуванні такої особистості, яка була б здатна до саморозвитку та самовдосконалення, могла легко адаптуватися до швидкоплинних соціальних та технологічних умов, мала б високий інтелектуальний та творчий потенціал, вміла б використовувати набуті знання як до розв'язання прикладних завдань, так і до виробництва нових знань.

Саме якісна фахова освіта передбачає формування не лише вузько-спеціалізованих знань для безпосереднього виходу на ринок праці, а й дієвих довготривалих знань, які можуть бути забезпечені лише за умови їхньої фундаментальності. Підняття статусу фундаментальної підготовки потребує також гуманізація освіти, оскільки загальноосвітня складова у поєднанні з професійною підготовкою здатна забезпечити професійну мобільність, компетентність, а, отже, впевненість у завтрашньому дні [4].

Курс фізики у ВНЗ I-II рівнів акредитації, зберігаючи своє загальноосвітнє значення, має ряд специфічних особливостей. Знання з фізики можуть конкретизуватися, доповнюватися і розвиватися на спеціальних предметах. Фізичні знання проникають у зміст спеціальних та фахових дисциплін, вони є необхідним компонентом знань сучасного кваліфікованого спеціаліста. Ці знання сприяють розвитку пошуково-творчого мислення, пізнавальної діяльності, інтелектуальних здібностей, підвищення загальнонаукового рівня і виробленню навичок у дослідженнях прикладних питань у галузі майбутнього фаху.

Реалізація принципу інтеграції фундаментальних та прикладних професійно орієнтованих знань обумовлює необхідність оновлення курсу фізики, вивчення окремих розділів, як у аспекті змістовного наповнення (наукових фактів, подій, концепцій), так і в аспекті інтелектуальних вмінь та навичок, які складають основу фахових компетентностей майбутніх спеціалістів [4].

Основопокладаючим розділом фізики для майбутнього фахівця зв'язку є «Електродинаміка», на основі якого побудовані майже половина профільюючих предметів, таких як теорія електричних кіл та сигналів, теорія електричного зв'язку, основи схемотехніки, технічна електродинаміка, лінії передачі, системи передачі електровз'язку, телекомунікаційні та інформаційні мережі та багато ін.

Яка ж частка часу відводиться на вивчення загальноосвітньої дисципліни фізика в системі підготовки майбутніх спеціалістів у галузі зв'язку?

Загальні вимоги до структури вищої технічної освіти та освітніх

програм, умов їхньої реалізації, нормативів навчального навантаження та його максимального обсягу визначаються Законом України «Про вищу освіту» від 20.01.98 №65 (зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету міністрів №667 від 23.04.99 та №1482 від 13.08.99) та наказом МОН України від 31.06.98 №285 «Про вимоги до державних стандартів». Обрахуємо, у відсотках, час, що відводиться на вивчення фізики в циклі загальноосвітньої підготовки в ДЗ «Київський коледж зв'язку» з напрямку «Телекомунікація» (рис. 1). Він складає 14% від загального обсягу годин загальноосвітньої підготовки, що становить однакову частку з вивченням математики, але більше, ніж у інших дисциплін цього циклу. Це підтверджує значення фізичних знань у підготовці спеціалістів такої специфічної галузі.

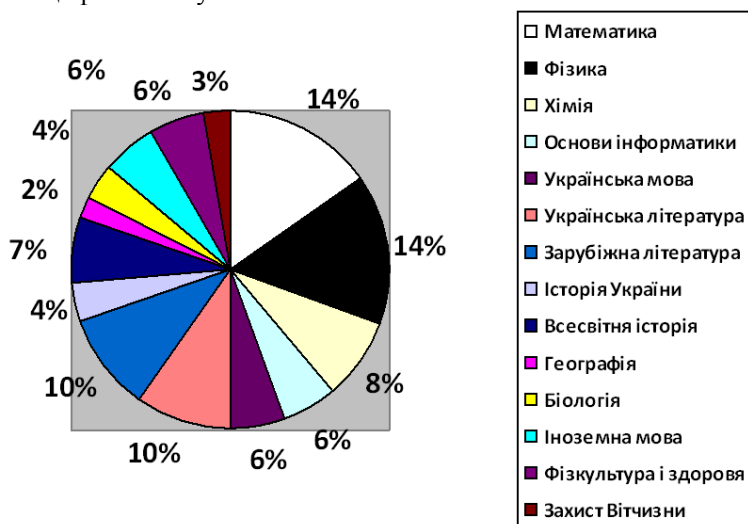


Рис. 1. Розподіл навчальних дисциплін за циклом загальноосвітньої підготовки

Безперечний факт, що значна кількість дисциплін циклу професійної підготовки спирається на ті чи інші фундаментальні наукові теорії, знання законів, протікання тих чи інших процесів з точки зору фізики. Тому базою для підготовки майбутніх спеціалістів в галузі зв'язку є отримані раніше знання з такої фундаментальної дисципліни, як фізика. Тому на другому курсі студенти вивчають окремий курс фізики – «Електромагнетизм та фізика твердого тіла». На рис. 2 показано розподіл годин між предметами природничо-математичної підготовки студентів, що вивчаються лише на 2 курсі, і є підготовчою платформою для вивчення циклу професійної та практичної підготовки.

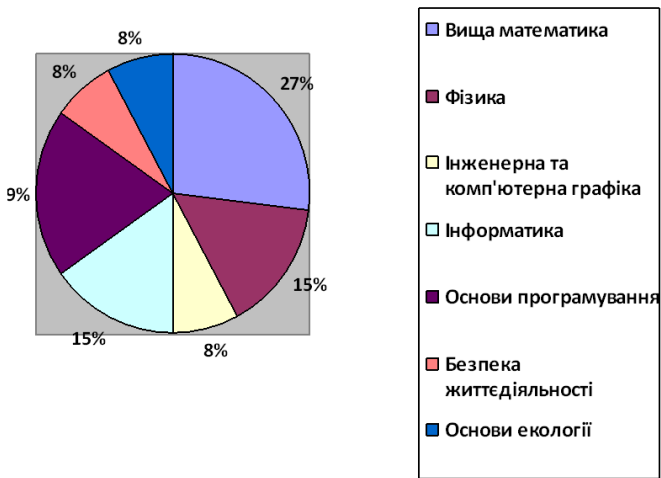


Рис. 2. Розподіл навчальних дисциплін за циклом природничо-математичної підготовки

На сьогодні постало питання про раціональну інтеграцію наявних дисциплін загальноосвітньої та професійної підготовки. З цього випливає, що інтеграція навчального процесу – один із найважливіших чинників оптимізації процесу навчання. Тому необхідність здійснення міжпредметного зв'язку впливає з педагогічних, психологічних та філософських значень їх для навчання.

Інтеграційні процеси в педагогічних дослідженнях розглядалися А.П. Беляєвим, М.Н. Берулавою, В.Д. Семеновим, І.П. Яковлевим та ін. Засоби та види інтеграції при вивченні окремих дисциплін досліджували Г.І. Батурін, Ю.І. Дикий, Г.Ф. Федоров та ін.; міжпредметні зв'язки як один з шляхів інтеграції освіти розглядали І.Д. Зверев, В.Н. Максимова; міжпредметні зв'язки як єдність загальної та спеціальної освіти досліджували К.Ш. Ахияров, А. Ф. Аміров, С. Я. Батишев, М.І. Махмутов, І.М. Нізамов, В.Н. Федорова. Політехнічний аспект проблеми міжпредметної інтеграції аналізувався в педагогічних дослідженнях, особливо в області професійної освіти у працях П.Р. Атутова, К.Ш. Ахиярова, А.П. Беляєвої, П.Н. Новікова та ін. Проблему впровадження у навчальний процес дидактичної інтеграції досліджували такі українські науковці, як С.У. Гончаренко, Р.С. Гуревич, Б.Т. Камінський, І.М. Козловська, Л.В. Сліпчишин, Р.М. Собко, Н.О. Талалуєва та ін. [5].

Про фізику, як базу для загальнотехнічної та професійної підготовки майбутніх спеціалістів, було вказано дидактами М.М. Скаткіним, В.П. Безпалько, Н.Ф. Тализіною, В. Оконею, а також методистами Є.М.

Новодворською, В.П. Ореховим, А.В. Усовою, А.А. Покровським, А.В. Сергеевим; фізика, як інтегративний компонент – Н.В. Стучинською.

Тому перед професійною освітою повсякчасно постають такі завдання: формування та розвиток особистості в цілісному процесі загальноосвітньої, загально-технічної і професійної підготовки на основі гуманітарної, природничо-наукової, загально-професійної і спеціальної освіти та впровадження інформаційних технологій; створення державної системи розробки та оновлення стандарту професійної освіти, забезпечення контролю за його дотриманням; забезпечення пріоритетності професійної освіти суспільства; забезпечення безперервності професійної освіти з урахуванням потреб особистості, суспільства; створення ефективних науково обґрунтованих систем професійної підготовки; розробка принципово нової системи підготовки спеціалістів, які необхідно обновлювати згідно визначеного напрямку реформування освіти та її вимог до сучасного спеціаліста [6].

Відповідно до вищесказаного, для забезпечення дієвості міждисциплінарної інтеграції, в даному випадку фізики та спецпредметів, необхідно враховувати основи міжпредметних зв'язків з професійними дисциплінами. Закономірності, які об'єднують можливі зв'язки між окремими підсистемами професійної освіти, лежать в основі побудови інтеграційних процесів між спеціально-технічною та загальноосвітньою підготовкою в освіті, навчанні та вихованні студентів [5].

Наприклад, фізика, яка вивчається студентами на 1 курсі коледжу, а потім як окремий спецкурс «Електромагнетизм та фізика твердого тіла» є ланкою у структурно-логічній схемі взаємозв'язків з іншими дисциплінами, в яких використовуються раніше отримані знання фізичних законів, процесів, що допомагають зрозуміти важливі аспекти та сторони явищ тих чи інших процесів, що складають основу професійної діяльності. Схематично покажемо зв'язок фізики з іншими спецдисциплінами, що вивчаються в коледжі (схема 1).

Необхідно вдосконалювати методику викладання курсу фізики у ВНЗ I-II рівнів акредитації у відповідності до профільного напрямку підготовки спеціалістів галузі зв'язку України шляхом професійного напрямку викладання дисципліни, розширення змісту лабораторних робіт, застосування методичної системи задач з технічним змістом. Хоча і широкий потенціал світогляду фізичної науки, а також незамінна роль у формуванні світогляду студентів та створення сучасної наукової картини світу, визначають загальноосвітній характер навчальної дисципліни фізика, але разом з тим, фізика дуже тісно взаємопов'язана з технікою та виробництвом, галузі багатьох яких, беруть свій початок саме з фізики, що і визначає актуальність інтеграції фундаментальних, природничо-

наукових та професійно-практичних знань.

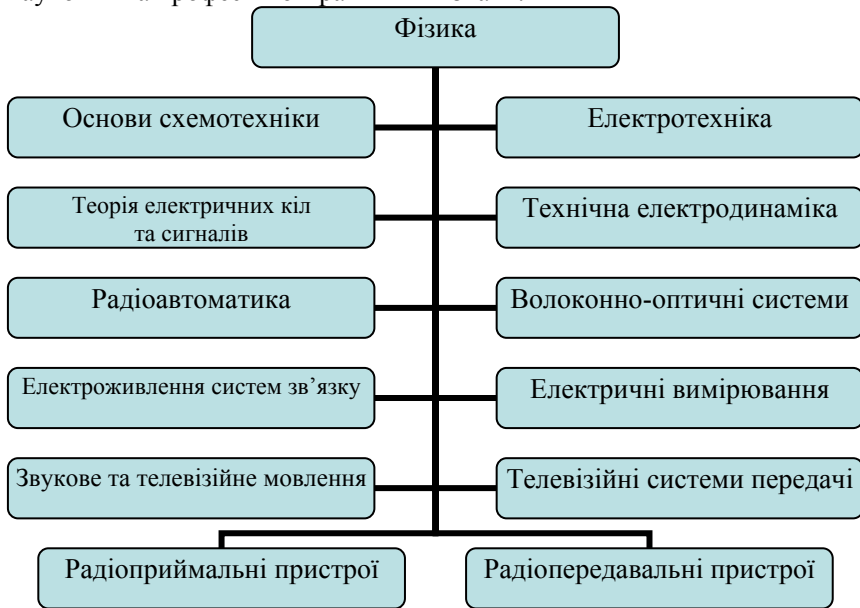


Схема 1. Положення курсу «Фізика» у структурі підготовки спеціаліста галузі зв'язку за напрямом «Телекомунікації»

Література

1. Закон України «Про освіту». – К., 1991.
2. Закон України «Про загальну середню освіту». – К., 1999.
3. Котоловець Л. Формувати професійне ядро фахівців / Котоловець Людмила // Освіта. Технікуми. Коледжі. – 2001. – №1. – С. 11.
4. Стучинська Н. В. Інтеграція фундаментальної та фахової підготовки майбутніх лікарів у процесі вивчення фізико-математичних дисциплін : дис... д-ра наук: 13.00.02 / Стучинська Наталія Василівна ; Національний педагогічний ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 2009.
5. Моторна Л. Об'єктивні основи інтеграції загальної та спеціально-технічної освіти у ВНЗ I-II рівнів акредитації / Моторна Л. // Вісник Черкаського університету. Серія : педагогічні науки. – Черкаси : Черкаський національний університет ім. Богдана Хмельницького, 2008. – Вип. 125. – С. 107-111.
6. Беляєва А. П. Інтеграційні процеси в змістовному компоненті професійного навчання / Беляєва А. П. // Наукові основи процесу професійного навчання в середніх профтехучилищах : зб. наук. пр. ВНІ профтехосвіти. – Львів, 1989. – С. 57-59.

ПРОПЕДЕВТИКА ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧИТЕЛЯ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

М.Ю. Галатюк, Ю.М. Галатюк
м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет
Halatyuk@ukr.net

Професійна підготовка учителя у вищому навчальному закладі – це, насамперед, підготовка висококваліфікованого фахівця, здатного творчо вирішувати проблеми і виконувати завдання, які постають у професійній діяльності. Мова йде про формування і розвиток педагогічної творчості. Однак практика засвідчує, що формування ефективного педагогічного досвіду є складним системним процесом, і як показує аналіз, він може формуватися або стихійно й неалгоритмізовано, або цілеспрямовано, на основі відповідних технологій [3].

У даному контексті, в педагогічній літературі [6; 8] часто застосовуються такі поняття, як компетентність і компетенція. Під компетентністю розуміють готовність і здатність людини до певного виду діяльності, що ґрунтуються на загальних і спеціальних знаннях, набутому досвіді у процесі навчання, активного інтегрування у суспільне життя, засвоєння рольової поведінки у результаті власної життєдіяльності. Розрізняють понад 30 видів компетентності [5] на основі таких критеріїв, як «здатність», «готовність», «впевненість», «відповідальність» тощо. Внутрішню структуру компетентності складають такі чинники, як знання, когнітивні уміння, навички, емоції, цінності та етика, мотивація [1].

Ще одне згадане поняття – компетенція. *Компетенція* (від лат. *competere* – досягати, відповідати) – це особистісна здатність фахівця щодо успішного вирішення певного класу професійних завдань. Також під компетенцією розуміють певну якісну характеристику працівника, щодо його ділових якостей, необхідних для виконання професійних функцій.

Ми розглядаємо компетенції як окремі структурні елементи, що у поєднанні з відповідними знаннями і досвідом складають сутність такого інтегрованого поняття, як компетентність [2].

Далі мова йтиме про формування професійних компетенцій у підготовці учителів фізики. Серед них необхідно виділити, на наш погляд, ключові, що стосуються здатності розв'язувати творчі дидактичні задачі у контексті проектування творчої навчально-пізнавальної діяльності на основі діяльнісного підходу в умовах інтеграції викладання фундаментальних і спеціальних дисциплін. Йдеться про принцип системної одно-

сті викладання фундаментальних і спеціальних дисциплін, який висвітлювався й аналізувався нами раніше [3].

Зупинимося на одному із практичних механізмів реалізації даного принципу, а саме: пропедевтиці формування деяких професійних компетенцій учителя фізики у процесі виконання лабораторних робіт у курсі загальної фізики. Мова йде про формування такої важливої професійної компетенції, як проектування і організація творчої лабораторної роботи. Теорія і технологія організації таких лабораторних робіт на основі розв'язування творчих експериментальних задач нами розроблена, теоретично обґрунтована і детально описана [4].

Спочатку розглянемо традиційну методику проведення лабораторних робіт у курсі загальної фізики. Лабораторні роботи, як правило, виконуються за готовими інструкціями. Це дещо обмежує їхню дидактичну функцію. При такому підході акцент робиться на вузькому колі експериментальних умінь та навичок переважно практичного характеру: збирати дослідну установку, виконувати вимірювання, робити висновки, узагальнювати та ін. З іншого боку, поза увагою лишається творчий компонент: моделювання фізичного експерименту, проблемність завдання, творче мислення, уява, теоретичне передбачення, прогнозування і т.ін.

Пізніше, уже на старших курсах, під час вивчення спеціальних дисциплін, студенти вчать моделювати й організовувати творчу пізнавальну діяльність учнів у процесі виконання лабораторних робіт на основі розв'язування творчих експериментальних задач [3; 4]. Тобто, не побувавши у ролі суб'єкта, який виконує творчу лабораторну роботу, студент вчиться вирішувати педагогічні задачі уже суто професійного змісту, наприклад, моделювати і організовувати творчу пізнавальну діяльність учнів у формі лабораторної роботи як навчального дослідження.

Практика свідчить, щоб зробити цей процес ефективнішим, варто залучати студентів до виконання творчих лабораторних робіт уже під час вивчення загальної фізики. Це доцільно практикувати тому, що процедура виконання таких робіт відтворює таку творчу навчально-пізнавальну діяльність, яку студенти будуть учитися проектувати і організовувати пізніше, на старших курсах, вивчаючи методику навчання фізики, та під час проходження педагогічної практики у школі.

Власне, у цьому й полягає пропедевтика формування майбутньої професійної діяльності шляхом відтворення навчальної діяльності у процесі вивчення фундаментальних дисциплін, у даному випадку загальної фізики.

Теж саме стосується практичних занять з фізики, де студенти розв'язують фізичні задачі з метою закріплення, узагальнення і поглиб-

лення теоретичних знань. Як правило, у процесі розв'язку фізичних задач увага концентрується на предметних знаннях, їх засвоєнні, актуалізації і застосуванні у контексті вирішення конкретних проблем. Тоді, як самі методи (аналіз, синтез, моделювання, аналогії, ідеалізація, абстрагування), а також процедура пізнавальної діяльності лишаються поза увагою і є побічними продуктами цієї діяльності. А вони є дуже важливими саме у контексті формування професійного уміння організовувати пізнавальну діяльність у процесі розв'язування фізичних задач.

Зважаючи на те, що фундаментальні дисципліни передують вивченню спеціальних дисциплін, вони можуть і повинні виконувати щодо них пропедевтичну функцію, особливо, коли йдеться про методологічний аспект навчально-пізнавальної діяльності.

Продемонструємо, як практично реалізуються викладені вище положення. Для прикладу розглянемо процедуру моделювання лабораторної роботи на тему: «Визначення коефіцієнтів тертя ковзання і кочення».

Зміст цієї роботи викладений у посібнику [7], де подані теоретичні відомості та опис приладів, а також детальний порядок виконання роботи.

Завдання полягає у тому, щоб навчально-пізнавальну діяльність студентів у процесі виконання лабораторної роботи зробити творчою.

Для цього окремих етап лабораторної роботи включається у контекст розв'язання експериментальної задачі. Розглянемо, для прикладу, один із фрагментів – визначення динамічного коефіцієнта тертя ковзання.

Студентам пропонується експериментальна задача.

Експериментальна задача. Визначити динамічний коефіцієнт ковзання дерев'яного бруска по поверхні дошки. Необхідне для цього обладнання і процедуру експерименту запропонувати самостійно.

Нормативна модель розв'язання задачі передбачає виконання експерименту за допомогою установки, зображеної на рис. 1.

Похила площина (дошка) l встановлюється під кутом α за шкалою 3 і фіксується гвинтом 4 . Брусок ковзає по похилій площині з прискоренням a .

Динамічний коефіцієнт тертя обчислюється за формулою:

$$f = tg\alpha - \frac{2l}{gt^2 \cos\alpha}, \quad (1)$$

де l , t , α відповідно: довжина траєкторії бруска по похилій площині, час руху, кут нахилу площини до горизонту (вимірюються в ході експерименту).

Щоб вивести студентів саме на таку модель розв'язання експериментальної задачі, застосовуються засоби і прийоми непрямого педагогіч-

ного впливу. Сюди належать допоміжні задачі, запитання, вказівки, а також інші евристичні засоби у вигляді окремих інструкцій, планів-орієнтирів тощо.

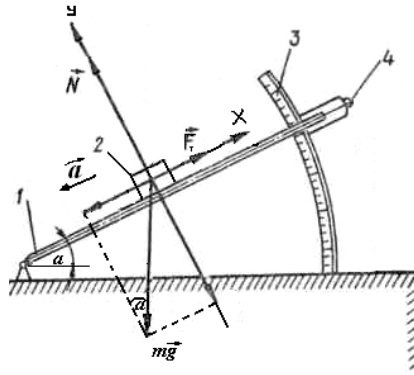


Рис. 1. Установка для визначення динамічного коефіцієнта тертя ковзання

У випадку, що розглядається, ефективним детермінуючим засобом є наступна теоретична задача.

Теоретична задача. Брусок, ковзаючи по похилій площині, опустився за час t , рухаючись рівноприскорено. Визначити шлях l бруска по похилій площині, якщо відомо, що коефіцієнт динамічного тертя дорівнював f , а кут нахилу площини до горизонту α .

Розв'язання теоретичної задачі

Шлях бруска

$$l = \frac{at^2}{2}. \quad (2)$$

Знайдемо прискорення руху a .

Для цього записуємо другий закон Ньютона у проекціях на осі координат згідно рис. 1.

$$\text{По осі } X: ma = mgs \sin \alpha - F_T. \quad (3)$$

$$\text{По осі } Y: 0 = N - mg \cos \alpha. \quad (4)$$

Сила тертя ковзання

$$F_T = fN, \quad (5)$$

де f – динамічний коефіцієнт тертя.

Підставивши (4) і (3) у (2), знайдемо прискорення:

$$a = (\sin \alpha - f \cos \alpha)g.$$

З формули (1) отримаємо:

$$l = \frac{(\sin \alpha - f \cos \alpha)gt^2}{2}. \quad (6)$$

Як бачимо, з формули (6) легко отримати формулу (1) для розв'язання експериментальної задачі. Сама ситуація, описана в теоретичній задачі, нашо́вхує студентів на модель розв'язання експериментальної задачі за допомогою установки, зображеної на рис. 1.

Таким чином, студенти, розв'язуючи експериментальну задачу, розробляють теоретичну модель, на основі якої моделюють експеримент (визначають необхідне обладнання, розробляють установку, план виконання експерименту) і реалізують дану модель на практиці (власне, виконують лабораторну роботу). Тобто лабораторна робота включається у контекст розв'язання експериментальної задачі, яка для студентів є творчою.

Як бачимо, студенти є суб'єктами навчально-пізнавальної діяльності, яку у майбутньому вони будуть вчитися самі моделювати на заняттях з методики навчання фізики, а також, перебуваючи на педагогічній практиці.

Саме ж педагогічне моделювання лабораторної роботи на основі творчої експериментальної задачі включає такі етапи [4]:

1. Визначення теми і мети лабораторної роботи.
2. Моделювання суб'єкта, якому буде запропонована експериментальна задача. Мається на увазі, що творча задача є категорією суб'єктивною, тому учитель повинен орієнтуватися на модель суб'єкта, який буде розв'язувати задачу.
3. Вибір проблемно-змістового забезпечення у вигляді експериментальної задачі.
4. Розробка теоретичної моделі її розв'язання.
5. Моделювання навчального експерименту на основі теоретичної моделі. Визначення процедури – основних етапів, послідовності дій щодо моделювання експерименту і його практичної реалізації.
6. Розробка навчальної допомоги у вигляді допоміжних теоретичних запитань і задач, інших евристичних засобів (приписів-орієнтирів, узагальнених планів дій).

Зазначимо, що це є своєрідний інваріант діяльності учителя з проектування творчої лабораторної роботи, в ході якої учні знаходять теоретичну модель розв'язку, на основі якої розробляють експеримент і потім реалізують його на практиці.

Цей інваріант педагогічної діяльності є предметом засвоєння для студентів в якості орієнтувальної основи проектування творчих лабораторних робіт.

Він є також орієнтувальною основою для викладача, коли йдеться про організацію лабораторних робіт в курсі загальної фізики з метою пропедевтики формування у студентів, майбутніх учителів фізики, такої

важливої компетенції, як проектування й організація творчих лабораторних робіт.

Зауважимо також, що описана технологія унікальна тим, що вона дозволяє поєднати роботу на практичному занятті із самосійною підготовкою студентів до лабораторної роботи і з виконанням, власне, самої лабораторної роботи. Наприклад, допоміжна теоретична задача розв'язується на практичному занятті у контексті розв'язку поставленої раніше творчої експериментальної задачі. Потім, на основі цього, моделюється виконання вже самої лабораторної роботи.

Література

1. Булах І. Є. Створюємо якісний тест : навч. посіб. / Булах І. Є., Мруга М. Р. – К. : Майстер-клас, 2006. – 160 с.
2. Галатюк Ю. М. Формування творчих компетенцій учителя фізики в контексті діяльнісної теорії навчання / Галатюк Ю. М., Тишук В. І. // Збірник науково-методичних праць «Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін». Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. – Випуск 12. – Рівне : Волинські обереги, 2009. – С. 8–11.
3. Галатюк Ю. М. Принцип системної єдності у викладанні фундаментальних і спеціальних дисциплін як засіб підготовки творчого учителя фізики / Галатюк Ю. М., Тишук В. І. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. Випуск 4 : в 3-х томах. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2004. – Т. 2 : Теорія та методика навчання фізики. – С. 122-128.
4. Галатюк Ю. М. Моделювання та організація творчих лабораторних робіт в процесі навчання фізики / Галатюк Ю. М., Галатюк М. Ю., Тишук В. І. // Наша школа. – 2009. – № 6. – С. 57-61.
5. Життєва компетентність особистості : науково-методичний посібник / За ред. Л. В. Сохань, І. Г. Сохань, Г. М. Несен. – К. : Богдан, 2003. – 520 с.
6. Равен Дж. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация / Равен Дж. – М. : Когито-Центр, 2002. – 257 с.
7. Фізичний практикум. Ч. 1. / За ред. Дущенко В. П. – К. : Вища школа, 1981. – 248 с.
8. Хуторской А. В. Ключевые компетенции. Технология конструирования / Хуторской А. В. // Народное образование. – 2003. – №5. – С. 55-61.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Е.Е. Гетманова

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

Компьютерное моделирование быстро становится эффективным средством обучения. Оно включает визуализацию, интерактивность, помогает студентам развить способности в построении физических моделей и понимании научных концепций. Традиционный метод обучения представляется достаточно сложным для восприятия вследствие громоздкости материала, его абстрактности, отсутствия связи с реальными задачами.

Интерактивное компьютерное моделирование оказывается более приемлемым при изложении материала по следующим причинам:

1. Использование интерактивных технологий приводит к более высокому уровню понимания материала.

2. Излагаемый материал становится доступен и интересен не только будущим физикам, но и студентам инженерных, экономических и других профессий.

3. Компьютерная модель демонстрирует основные характеристики данного физического процесса, исключив несущественные детали.

При графическом моделировании физического процесса студент вначале просто наблюдает анимацию и затем начинает понимать физическую идею, которая воплощена в данной анимации. Она фокусирует внимание на главной физической концепции. Компьютерное моделирование помогает увеличить объем излагаемого материала, способствует самостоятельной работе студентов. Оно усиливает структуру концептуального мышления благодаря физической точности, высокой степени визуализации, динамическому представлению физики.

Как показал опыт проведения подобного рода занятий в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова, пояснение материала, сопровождаемое моделированием физических явлений на математических и графических пакетах, способствует более быстрому пониманию излагаемого материала, помогает понять связь между теоретически излагаемым материалом и реальными задачами. В работе промоделировано колебание тела, зажатого между двумя пружинами [1].

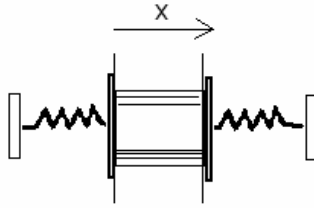


Рис. 1

Симметричная кусочно-линейная характеристика силы, действующей на тело, определяется уравнением

$$F(x) = \begin{cases} F_0 + \frac{(F - F_0)}{x_0} x, & 0 \leq x \leq x_0; \\ -F_0 + \frac{(F - F_0)}{x_0} x, & -x_0 \leq x < 0; \end{cases}$$

и представлена на рис. 2.

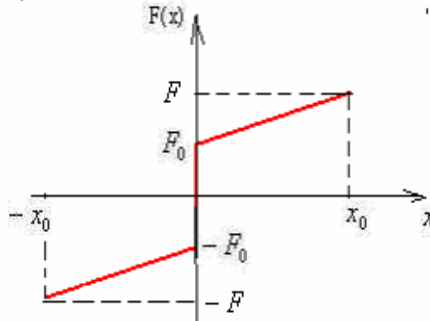


Рис. 2. Кусочно-линейная характеристика силы, действующей на тело

Моделирование данной задачи состоит в решении линейных уравнений, причем при решении второго уравнения в качестве начальных условий надо взять те условия, которые получились в конце движения, описываемого первым уравнением и т.д. Таким образом, решение нелинейной задачи составляется (припасовывается) из решений линейных уравнений.

На участке $0 \leq x \leq x_0$ дифференциальное уравнение движения имеет вид $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = -\frac{F_0}{m}$, где $\omega_0^2 = \frac{(F - F_0)}{mx_0}$. С учетом начальных условий $x(t=0)=x_0$, $v(t=0)=0$ движение тела описывается уравнением

$x_1(t) = \left(x_0 + \frac{F_0}{m\omega_0^2}\right) \cos \omega_0 t - \frac{F_0}{m\omega_0^2}$. Время прохождения первого участка (от максимального смещения x_0 до положения равновесия $x=0$) равно

$$t_1 = \frac{1}{\omega_0} \arccos \left(\frac{1}{1 + \frac{m\omega_0^2 x_0}{F_0}} \right).$$

Поскольку задача симметричная, то период

колебаний системы $T=4t_1$. На участке $-x_0 \leq x < 0$ дифференциальное уравнение движения $\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m}$. С учетом начальных условий $x_2(t_1)=0$, $v_2(t_1)=v_1(t_1)$ уравнение движения имеет вид

$$x_2(t) = \left(\left(x_0 + \frac{F_0}{m\omega_0^2} \right) - \frac{2F_0}{m\omega_0^2} \cos \omega_0 t_1 \right) \cos \omega_0 t - \frac{2F_0}{m\omega_0^2} \sin(\omega_0 t_1) \sin(\omega_0 t) + \frac{F_0}{m\omega_0^2},$$

в области $0 \leq x \leq x_0$ (возвращение в крайнее правое положение) уравнение движения представляется в виде $x_3(t) = S_1 \cos \omega_0 t + S_2 \sin \omega_0 t - \frac{F_0}{m\omega_0^2}$, где

$$\begin{aligned} S_1 &= \left(\left(x_0 + \frac{F_0}{m\omega_0^2} \right) - \frac{2F_0}{m\omega_0^2} \cos \omega_0 t_1 \right) \sin^2(\omega_0 3t_1) + \\ &+ \frac{2F_0}{m\omega_0^2} \sin(\omega_0 t_1) \sin(\omega_0 3t_1) \cos(\omega_0 3t_1) + \frac{F_0}{m\omega_0^2} \cos(\omega_0 t_1); \\ S_2 &= - \left(\left(x_0 + \frac{F_0}{m\omega_0^2} \right) - \frac{2F_0}{m\omega_0^2} \cos \omega_0 t_1 \right) (\sin(\omega_0 3t_1)) \cos(\omega_0 3t_1) - \\ &- \frac{2F_0}{m\omega_0^2} \sin(\omega_0 t_1) \cos^2(\omega_0 3t_1) + \frac{F_0}{m\omega_0^2} \sin(\omega_0 t_1); \end{aligned}$$

На рис. 3 показан график изменения координаты тела от времени за один период, а также положения равновесия, относительно которых происходят колебания.

Интерфейс Flash фильма, который осуществляет графическое моделирование, показан на рис. 4. После введения массы тела, а также амплитуды силы F , силы, которая действует на тело в положении равновесия F_0 и характеризуется степень «сдавленности» тела, и начального смещения x_0 в левой нижней части экрана строится график изменения силы от смещения пружины и тела.

После нажатия кнопки, начинается анимация: тело совершает коле-

бания между двумя пружинами. Для сравнения показано тело, совершающее гармонические колебания. В текстовых окнах выводятся значения периода колебания тела между двумя пружинами и периода гармонических колебаний. Чем меньше F_0 , тем меньше сжата пружина (и тело) в положении равновесия и тем больше совпадают периоды колебаний. Таким образом, сложная для понимания и анализа задача, имеющая практическое значение, превращается в понятную задачу с легко запоминающимися особенностями.

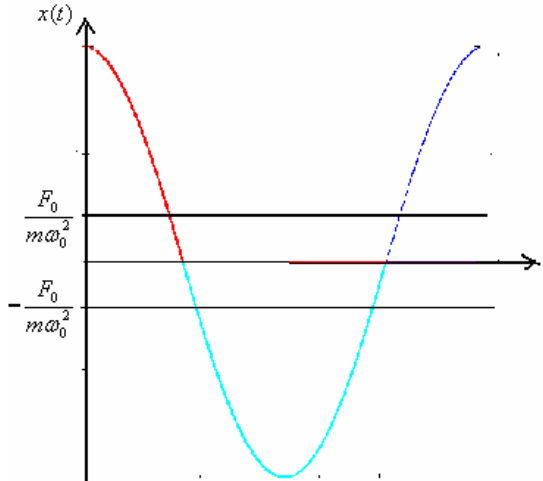


Рис. 3 График изменения смещения тела, зажатого между пружинами

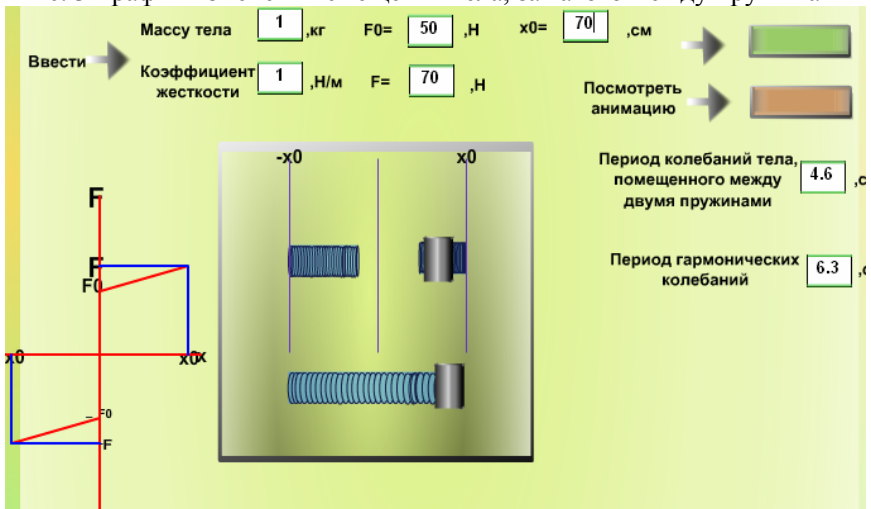


Рис. 4. Анимация колебаний тела, сжатого пружинами и присоединенного к пружине

Применение компьютерных технологий позволяет расширить диапазон излагаемого материала, предложив вначале ознакомительное, а затем и более детальное изложение трудных, с традиционной точки зрения, разделов физики.

Литература

1. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний / Пановко Я. Г. – М. : Наука, 1991. – 453 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ МЕТОДИКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ: «ПОТЕНЦИАЛ. РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ»

Т.П. Гордиенко¹, Е.В. Глобина²

¹ г. Симферополь, Таврический национальный университет
им. В.И. Вернадского

² г. Севастополь, Севастопольский национальный университет ядерной
энергии и промышленности
globinaliza@mail.ru

При изучении курса физики решение задач является необходимой практической основой для обучения анализировать физические явления, закрепления изученного материала, развития навыков самостоятельной и творческой работы. Содержание практических занятий должно быть логически связано и согласовано с лекционным курсом. На лекциях студенты знакомятся с теоретическим материалом в обобщенной форме, а на практических занятиях происходит более детальное, расширенное, глубокое усвоение материала.

В высших учебных заведениях сложилась следующая структура проведения практических занятий по курсу общей физики (см. схему 1).

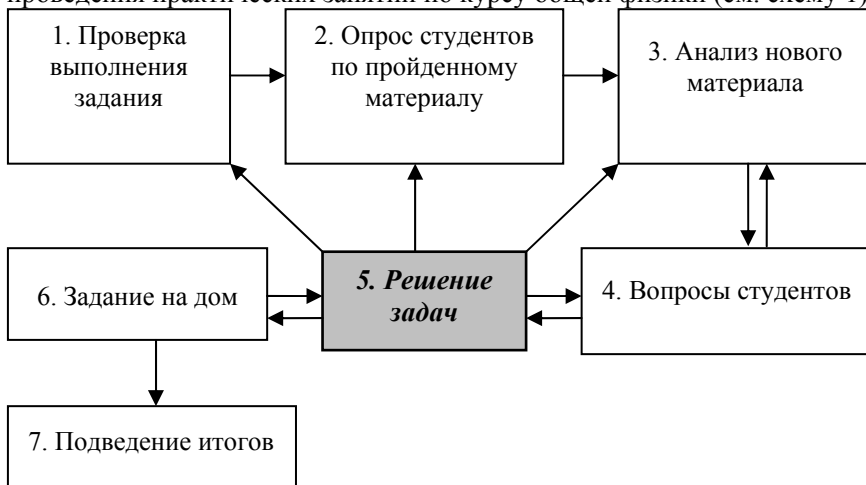


Схема 1. Структура проведения практических занятий

Основной частью практического занятия является решение задач. В зависимости от характера деятельности преподавателя и студентов выделим следующие формы проведения практических занятий: а) пассивная форма проведения практического занятия, задачи разбирает сам

преподаватель; б) активная форма проведения практического занятия, студенты решают задачи самостоятельно под контролем преподавателя.

Самостоятельное решение задач способствует наиболее глубокому пониманию и усвоению изученного материала, однако требует хорошей подготовки студентов и большего количества времени. Анкетирование и тестирование студентов, проведенное в 2007–2009 г. в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского (г. Симферополь), Севастопольском национальном техническом университете, Севастопольском национальном университете ядерной энергии и промышленности показало, что у студентов первого курса преобладает средний уровень знаний по физике. На данный момент количество часов, отведенных на изучение дисциплины, сокращается, поэтому наиболее оптимальной является форма проведения практических занятий, при которой у преподавателя есть возможность объяснить решение максимального количества задач по данной теме. Таким образом, возникает проблема создания обобщенной методики решения задач на практических занятиях, применение которой позволит студентам усвоить наибольшее количество материала при ограниченном количестве учебных часов в процессе активного обучения. Анализ учебно-методической литературы, используемой при подготовке к занятиям по общей физике, показывает, что студенты недостаточно обеспечены задачками и методическими указаниями по решению задач. В большинстве имеющихся задачников приводятся краткие теоретические сведения по каждому разделу без методических рекомендаций по решению задач, либо приводятся примеры решения отдельных задач. В существующих пособиях отсутствует единая выработанная методика, их целью является на примере большого числа решенных задач показать, как последовательно подходить к решению конкретной задачи [1; 5; 6].

При решении задач целесообразно руководствоваться схемой 2.

Решение задачи состоит из трех этапов: физического, математического и анализа решения [1]. Для создания обобщенной методики решения задач по какой-либо теме, необходимо сгруппировать и систематизировать каждую группу задач. Например, задачи по теме: «Потенциал. Разность потенциалов» можно сгруппировать в два блока:

1. Блок элементарных задач, в которых необходимо определить разность потенциалов между точками, находящимися на данных расстояниях от заряженного тела.

2. Блок основных и стандартных задач, в которых требуется определить потенциал поля, создаваемого несколькими заряженными телами или скорость заряженной частицы, движущейся в электрическом поле.

Рекомендации по решению каждого блока задач представлены в

таблице 1.

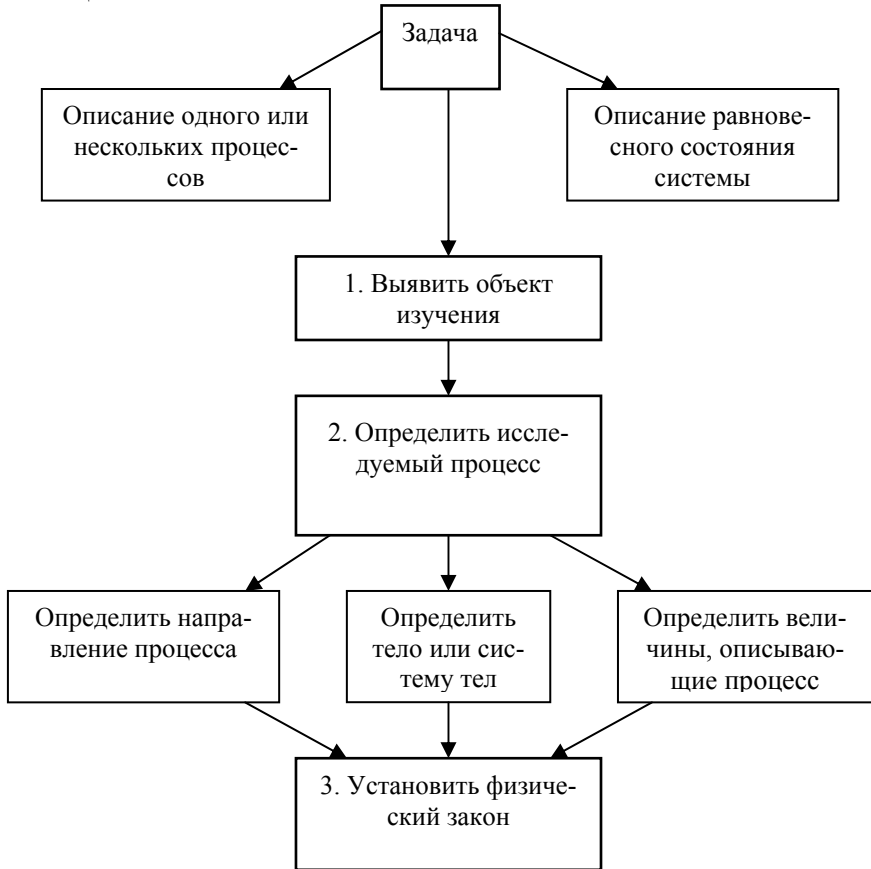


Схема 2. Схема решения задачи

Данная систематизация задач позволяет преподавателю предложить студентам большее количество задач для решения на практическом занятии, активно задействовать в работе даже слабо подготовленных студентов, не показывать на доске шаблоны решения некоторых задач, а заставлять студентов самостоятельно мыслить и искать ход решения под более эффективным руководством преподавателя.

В качестве примера рассмотрим решение задачи из второго блока [2].

Пример 3.1.6. Определить разность потенциалов между двумя металлическими шарами радиуса $r_0=0,5$ см каждый, находящимися на расстоянии $r=1$ м друг от друга, если заряд одного шара $q_1=1,5$ нКл, а дру-

гого $q_2 = -1,5$ нКл.

Дано:

$$r_0 = 0,5 \text{ см}$$

$$r = 1 \text{ м}$$

$$q_1 = 1,5 \text{ нКл}$$

$$q_2 = -1,5 \text{ нКл}$$

Найти:

$$\varphi_A - \varphi_B - ?$$

Си:

$$5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$1,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$-1,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

Решение

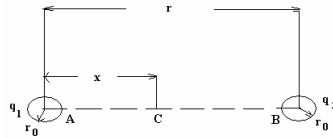


Рис. 1

Как известно, заряды в проводнике распределяются так, что все его точки приобретают одинаковый потенциал. Уединенному шару соответствует равномерное распределение зарядов по его поверхности. В данном случае, взаимно притягиваясь, заряды шаров распределяются преимущественно на тех сторонах шаров, которыми они обращены друг к другу, вследствие чего изменится электрическое поле в пространстве вокруг шаров. Поэтому изменится также разность потенциалов между шарами и точное решение задачи оказывается связанным со значительными математическими трудностями.

Однако вытекающее из условия неравенство $r \gg r_0$ позволяет, не делая большой ошибки, пренебречь взаимным притяжением зарядов по сравнению с силами взаимного отталкивания одноименных зарядов в пределах каждого шара, т.е. считать распределение зарядов по поверхности шаров равномерным. Тогда задача упрощается: из принципа суперпозиции полей можно вычислить напряженность поля в любой точке пространства между шарами, а значит, найти искомую разность потенциалов.

В качестве линии интегрирования выберем прямую AB (рис. 1). Векторы напряженности полей обоих шаров во всех точках этой прямой направлены от A к B (от положительного заряда к отрицательному). Поэтому результирующая напряженность в некоторой точке C , отстоящей на расстоянии x от центра левого шара равна

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q_1}{x^2} + \frac{q_2}{(r-x)^2} \right] = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{x^2} + \frac{1}{(r-x)^2} \right],$$

где $q = |q_1| = |q_2|$ — абсолютное значение каждого заряда.

Теперь определим искомую разность потенциалов:

$$\varphi_A - \varphi_B = \int_{r_0}^{r-r_0} E dx = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_0}^{r-r_0} \left[\frac{1}{x^2} - \frac{1}{(r-x)^2} \right] dx.$$

Произведя интегрирование и сделав упрощения, найдем

$$\varphi_A - \varphi_B = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{2(r-2r_0)}{r_0(r-r_0)}.$$

Таблица 1

Потенциал. Разность потенциалов			
Этапы решения	блок элементарных задач	блок основных и стандартных задач	
	<i>Одно заряженное тело</i>	<i>Несколько заряженных тел</i>	<i>Заряженная частица в поле, созданном телом</i>
1	Ознакомление с условием <i>(метод анализа физической ситуации задачи, вводная часть)</i>		
	Анализ физических процессов <i>(метод анализа физической ситуации задачи, основная часть, качественный анализ)</i>		
	1) определить заряд тела; 2) определить направление линий напряженности	1) определить заряды рассматриваемых тел; 2) определить направление линий напряженности каждого тела	1) провести линии напряженности; 2) определить знак заряда частицы; 3) определить направление движения частицы
	Анализ физических процессов <i>(метод анализа физической ситуации задачи, основная часть, количественный анализ)</i>		
	записать выражение для разности потенциалов	определить результирующий потенциал по принципу суперпозиции (потенциал – скалярная величина)	записать закон сохранения энергии
2	Решение в общем виде		
	Получение численного ответа		
3	Анализ размерности (метод оценки), Анализ полученного числового ответа (оценка физических величин, оценка порядка)		

Учитывая соотношение $r \gg r_0$ получим несколько менее точную, но более простую формулу:

$$\varphi_A - \varphi_B = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{2}{r_0}.$$

Проверка размерностей [3]:

$$[\varphi_A - \varphi_B] = \frac{K_L}{\Phi/m} \cdot \frac{1}{m} = K_L \cdot \frac{m}{\Phi} \cdot \frac{1}{m} = K_L \cdot \frac{1}{K_L/B} = B.$$

$$\text{Вычисления: } \varphi_A - \varphi_B = \frac{1,5 \cdot 10^{-9} \cdot 2}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}} = 5,4 \cdot 10^3 \text{ В} = 5,4 \text{ кВ.}$$

Ответ: разность потенциалов между двумя металлическими шарами $\varphi_A - \varphi_B = 5,4 \text{ кВ}$.

Мы считаем, что необходимо разрабатывать обобщенные методики решения задач, где будут сгруппированы и систематизированы задачи по курсу общей физики, и представлены в виде таблиц и схем. Такие разработки позволят студентам работать как самостоятельно, так и под руководством преподавателя.

Литература

1. Беликов Б. С. Решение задач по физике : общие методы / Б. С. Беликов. – М.: Высш. шк., 1986. – 256 с.
2. Гордієнко Т. П. Самостійне вивчення розділу «Електрики і магнетизм» [Електронний ресурс] : навч. посіб для студ. вузів III-IV рівнів акредитації / Т.П. Гордієнко. – 80 Min / 700 М – Сімферополь, ТНУ, 2009 – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM): кольор.; 12 см. – Систем вимоги: Pentium-266; 32 Mb RAM CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. – Назва з титул. екрану.
3. Гордиенко Т. П. Учебные материалы по курсу общей физики для студентов всех специальностей / Т. П. Гордиенко, Е. В. Глобина. – Севастополь : Рибест, 2008. – 64 с.
4. Осадчук Л. А. Методика преподавания физики / Л. А. Осадчук – К. : Вищ. шк., 1984. – 354 с.
5. Розв'язування навчальних задач з фізики : питання теорії і методики / За заг. ред. Є. В. Коршака. – К. : НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2004. – 185 с.
6. Чертов А. В. Задачник по физике : учеб. пособие для студ. вузов /А. В. Чертов, А. А. Воробьев. – М. : Высш. шк., 1988. – 527 с.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ДОСЯГНЕНЬ СТУДЕНТІВ З ФІЗИКИ ЗА УМОВИ ЗРОСТАННЯ ВАГИ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

О.М. Гур'євська

м. Кіровоград, Кіровоградський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка
guryevskaya@mail.ru

Зміни в економічній, політичній і соціальній сферах суспільного життя вимагають нових підходів до розбудови національної системи освіти, тому актуальними є завдання удосконалення її змісту, запровадження інноваційних технологій навчання, які б поряд з істотним підвищенням теоретичної і практичної підготовки студентів створювали умови для досягнення ними належного рівня фахової підготовки.

На сьогоднішній день сучасні тенденції розвитку навчального процесу закладені у підходах організації навчання та оцінки знань студента за принципами Європейської системи перезарахування кредитів (ECTS), які узгоджуються із сучасними методологічними принципами, що визначають переорієнтацією організації навчального процесу з суто лекційно-інформативної на індивідуально-диференційовану та особистісно-орієнтовану форми. Основною передумовою заміни традиційної системи навчання, яка виникла в умовах інформаційного дефіциту та обмежених джерел інформації, стала сьогоденна ідеологія освіти щодо організації самоосвіти студента. Сучасна технологія навчання розглядає студента як суб'єкт сприйняття інформації та її засвоєння, що дозволяє звести вивчення навчального матеріалу переважно до консультативно-оглядового означення проблеми й аналізу можливих напрямків її вирішення. Розв'язувати проблему студент повинен самостійно, уможливаючи перевірку здобутих ним знань, володіння аналітичними здібностями, здатністю знаходити й обробляти інформацію, уміння висловлювати й відстоювати свою думку, а не лише репродуктивні можливості своєї пам'яті по відтворенню навчального матеріалу з відповідного конспекту лекцій.

Усі пропонувані державні стандарти вищої освіти в основу навчання закладають самостійну, творчу роботу студента. На цьому принципі ґрунтуються й новітні, інформаційні технології навчання. За нормативними вимогами системи державних стандартів вищої освіти на самостійну роботу повинно відводитись 50–60% навчального часу. У структурі навчального навантаження студента за системою ECTS індивідуальна робота також розглядається як один із основних чинників освіти і

повинна займати близько половини його навчального навантаження.

Запровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу у вищих навчальних закладах України зумовлює зміни як у структурі так і в змісті, методах, формах та засобах підготовки майбутніх вчителів фізики, зокрема, вимагає й перегляду контрольної оцінювальної компоненти навчального процесу. Виникають реальні суперечності між новими вимогами до сучасного рівня знань, навичок та умінь майбутніх фахівців та недостатнім рівнем методичної і матеріально-технічної бази навчальних закладів; між традиційним підходом до здійснення контролю знань студентів з фізики та необхідністю суттєвої реорганізації системи контролю в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу. Існування цих суперечностей свідчить про наявність проблеми, що потребує розв'язання. Зокрема, один із шляхів її усунення – дослідження проблеми комплексного контролю та корекції навчальної діяльності студентів вищих педагогічних навчальних закладів у процесі навчання фізиці.

Теоретичні основи контролю знань, як одного з методів педагогічного стимулювання, висвітлені в працях відомих педагогів і психологів. В цілому, контроль результатів навчально-пізнавальної діяльності розглядали учені-методисти: С.У. Гончаренко, Є.В. Коршак, А.І. Павленко, О.В. Сергєєв, В.І. Баштовий, Н.М. Коршак та ін. Проблема контролю і оцінювання початкових досягнень студентів (учнів) з фізики досліджувалась П.С. Атаманчуком, О.І. Бугайовим, В.П. Вовкотрубом, М.В. Головком, О.І. Іваницьким, О.І. Ляшенком, Н.В. Подоригорою, О.М. Семернею, В.Д. Шарко та іншими. Розробкою теоретико-методичних особливостей використання сучасних комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання у курсах фізики вищої школи та організацією самостійної роботи студентів з фізики займались М.І. Шут, В.П. Сергієнко, Б.А. Сусь і ін.

Дослідження, що стосуються змісту поняття контролю та його співвідношення з перевіркою знань, дослідження форм, методів і засобів контролю, реалізації його функцій в умовах раціональної моделі навчання є актуальними стосовно вищих педагогічних навчальних закладів в умовах реалізації Болонської угоди. Проблема педагогічного контролю та корекції навчальної діяльності майбутніх вчителів фізики розглядалася побічно.

Педагогічний контроль є невід'ємним компонентом початкового процесу, який впливає не тільки на його результат, але й на хід навчання, розвитку та виховання як окремих навчальних дій, так і всієї навчально-пізнавальної діяльності. На основі аналізу цієї інформації вчитель виробляє стратегії удосконалення навчально-виховного процесу, відповідно з якими кожен студент може досягти найкращих результатів.

Найбільш поширеними видами контролю в практиці навчання фізики є їх поділ за етапами навчання, організаційними формами навчальної діяльності та способом їх здійснення. Зупинимось на характеристичі цих видів контролю детальніше.

Попередній (вхідний, діагностуючий) контроль покликаний встановлювати рівень навченості і готовності студентів до сприйняття нової теми, надавати викладачеві інформацію для планування всього навчального процесу, а студенту з'ясувати, що він знає, а що потрібно надолужити.

Поточний (діагностичний, коригувальний) контроль розглядається в сучасній дидактиці як невід'ємний компонент будь – якої системи або технології навчання, що забезпечує ефективність її функціонування. Він передбачає систематичну перевірку знань, умінь, навичок студентів у ході кожного заняття з метою їх корекції.

Проміжний (константувальний, діагностичний) контроль проводиться після блоку або серії занять, як правило, присвячених одній темі. Результати даного виду контролю дозволяють або не дозволяють здійснювати перехід з одного етапу навчання на інший.

Підсумковий (константувальний) контроль покликаний встановлювати рівень набутих знань і вмінь, одержаних при вивченні розділу, та їх оцінювання.

Саме поточному контролю при введенні кредитно – модульної системи організації навчального процесу приділяється, нажаль, найменша увага, а це в свою чергу свідчить про відсутність своєчасного виявлення прогалин в знаннях та вмінні їх застосовувати до розв'язування фізичних задач.

Для засвоєння на належному рівні дедалі зростаючої кількості інформації необхідні нові засоби і технології навчання. Розвиток науки і техніки потребує постійного вдосконалення методів і змісту навчання. Комп'ютеризація освіти, створення електронних засобів навчання, запровадження новітніх програмних та обчислювальних технологій, формування інформаційного середовища в освіті – все це сучасні компоненти інформатизації освіти. За результатами досліджень вчених [1–4; 7], одним із ефективних засобів підвищення якості навчально-пізнавальної діяльності учнів є застосування у навчальному процесі комп'ютерних технологій.

Еволюція комп'ютерних технологій дозволила успішно застосовувати їх за різноманітним напрямками навчальної діяльності: використання довідниково-інформаційних та експертних систем із застосуванням комп'ютерної техніки для зберігання інформації, пошуку і часткової її інтерпретації; створення математичних моделей фізичних явищ; здій-

снення оперативного контролю навчального процесу з використанням тестуючих комп'ютерних систем з подальшим збереженням результатів опитувань, можливістю їх обробки і кумулятивною оцінкою знань; системи штучного інтелекту; комплексне поєднання комп'ютерів безпосередньо з вимірювальними приладами за допомогою спеціального інтерфейсу тощо. Сучасні електронні засоби дозволяють успішно реалізувати вимоги дидактичних принципів, зокрема, забезпечити науковість викладеного матеріалу, доступніше і якісніше виконання експерименту і відтворення досліджуваних фізичних явищ у довільному масштабі часу, проводити імітаційне моделювання явищ, недоступних для класичних методів спостереження.

Застосування комп'ютерної техніки під час проведення лекційних занять з фізики дозволяє якісно і досить часто використовувати наочність у вигляді як стаціонарних її форм (графіків, рисунків, схем тощо), відтворювати динаміку перебігу процесів через віртуальний демонстраційний експеримент. За допомогою комп'ютера та мультимедійних засобів легко можна відтворювати досліди, проведення яких ускладнено за громіздкості необхідної апаратури, або взагалі неможливо за відсутності навчального обладнання. Можна застосувати й метод комп'ютерного моделювання, метою якого має бути отримання унікального результату, який не можна досягти традиційними методами і засобами навчання за незмінного рівня активності учнів.

Комп'ютерна модель має бути не лише формальною заміною реальних фізичних об'єктів і процесів, а й повинна передбачати отримання нових результатів за розширених меж параметрів і властивостей досліджуваних об'єктів.

Використання комп'ютерної техніки під час проведення практичних занять дозволяє підвищити індивідуалізацію групових занять, оскільки окремі суб'єкти навчальної діяльності можуть бути майже незалежними від вибору темпу сприйняття, обробки та засвоєння інформації. Разом розширюється можливість створення віртуальних лабораторій, які дозволяють проводити лабораторні роботи (вибирати роботу, змінювати параметри під час її проведення, користуючись при цьому електронними моделями лабораторного устаткування). Використання віртуальних лабораторних робіт сприяє не тільки підвищенню рівня засвоєння студентом відповідного навчального матеріалу, а й підвищенню рівня безпеки проведення робіт із реальними приладами.

Неодмінною складовою цілісної системи навчання є самостійна робота. Цей вид діяльності дозволяє використовувати всі зазначені типи програмного забезпечення навчального процесу. Крім прикладного програмного забезпечення, доцільно використовувати банки даних із різни-

ми реферативними матеріалами, науковими роботами та дослідженнями в мережі Internet.

Ефективність навчального процесу несумісна з перевантаженням психічної діяльності його учасників. Застосування комп'ютерної техніки уможливорює значно підвищити продуктивність праці учасників педагогічної діяльності завдяки високоякісній передачі навчального матеріалу, концентрації уваги на вузлових моментах навчального матеріалу, і водночас зменшити непродуктивні витрати сил та часу на пошук, обробку, сприймання і засвоєння інформації. Використання комп'ютерних засобів навчання буде доцільним у випадку, якщо: у зв'язку з великою кількістю учнів або студентів відбуваються великі втрати часу на «звичайне» опитування; проведення експерименту пов'язано з ризиком для здоров'я учасників навчального процесу; бракує належного матеріального забезпечення для проведення лабораторної роботи; приклади, що необхідні для досліду, занадто громіздкі, експеримент займає багато часу або недостатньо наочний; навчальний матеріал неконцентрований, тобто для його опрацювання необхідна велика кількість літератури; навчання відбувається самостійно (заочна, дистанційна форми навчання); виникає потреба у здійсненні самостійної оцінки власного рівня знань; неможливо повною мірою забезпечити загально дидактичні вимоги до засобів навчання. Але незважаючи на різноманітність спектра застосування обчислювальної техніки, вона залишається допоміжним засобом для унаочнення навчального процесу [7].

Використання комп'ютерної техніки в навчальному процесі є гарантом ефективного використання часу і можливості реалізації диференційованого підходу до студентів на всіх етапах навчання в тому числі на етапі поточного контролю. Використання комп'ютера, як засобу здійснення поточного контролю в основній школі детально проаналізовано у дисертаційному дослідженні Т.С. Колечинцевої [8], що ж стосується вищої школи то такий тип контролю також здатний підвищити і забезпечити ефективність навчального процесу за рахунок:

- урізноманітнення форм подання інформації;
- надання можливості студенту самостійно обирати рівень складності контрольних завдань відповідно до рівня його досягнень;
- забезпечення умов для обрання такого темпу роботи, до якого звик студент, що дозволяє отримати максимально можливі для нього результати;
- залучення студентів до самостійної роботи із наданням можливості кожному отримати індивідуалізовану допомогу;
- створення умов для здійснення самоконтролю, самооцінки і самокоригування результатів навчальної діяльності;

- полегшення обробки результатів виконання контрольних завдань;
- застосування діалогового режиму спілкування студентів з комп'ютером;
- мотивації діяльності студентів до здійснення контрольних оцінювальних процедур;
- значного полегшення роботи викладача.

Одним з традиційних прийомів проведення поточного контролю є «домашнє завдання», відповідно до кожного практичного заняття. В традиційній системі організації його перевірки та визначення оцінки приділяється досить мало уваги. Це, в свою чергу, унеможливує визначення якості засвоєння навчального матеріалу та визначення стадій досягнення навчальних цілей. На нашу думку, доцільним було б поєднання використання комп'ютера з традиційними «домашніми завданнями». Це потребує створення на сайті університету окремої сторінки «Курс фізики», із врахуванням структурування за розділами, де кожен студент знаходить свою групу та реєструється під своїм прізвищем. Відповідно студентам пропонують домашні завдання різних категорій складності (відповідно до рівня оцінки, якої студент може досягти) та різних форм подання з урахуванням специфіки курсу, що нами описувались [5]. Студент розв'язує завдання в онлайн-режимі та отримує оцінку. Окрім цього, плануються додаткові функції, такі як можливість залишити запитання до викладача у вигляді коментаря відповідно до кожного етапу розв'язування завдання та можливість отримання відповіді та допомоги. Відбір завдання для того чи іншого студента є випадковим (заздалегідь завантажені варіанти домашніх завдань).

Такий підхід до організації виконання домашнього завдання може забезпечити:

- постійне вдосконалення способів діяльності студентів при вивченні фізики;
- значне спрощення здійснення контрольних оцінювальних процедур;
- зростання ваги самостійної роботи в опануванні знаннями, вміннями і навичками у тому числі й самоконтролю за рівнем їх формування;
- дотримання рівневих вимог при виявленні навчальних досягнень з кожного виду діяльності, що мають місце при вивченні фізики;
- можливість переходу студентів на більш високий рівень під час виконання контрольних рівневих завдань, створення умов для об'єктивного оцінювання навчальних досягнень з фізики;
- реалізацію диференційованого підходу до контролю й коригування навчальних досягнень студентів через забезпечення потреб у консу-

льтаціях та дозуванні допомоги;

– диференціація обсягу і змісту домашніх завдань, які повинні давати підстави для здійснення диференційованого контролю підготовки студентів до практичного заняття, включення до домашніх завдань з фізики таких завдань обов'язкових для виконання, та за вибором і за бажанням [6].

Подальша розробка проблеми контролю і оцінювання навчальних досягнень студентів з фізики доцільна за наступними напрямками: особливості організації контролю в курсах експериментальної та теоретичної фізики; перехід на новий зміст навчання фізики як чинник впливу на результативність навчального процесу; удосконалення засобів контролю, зокрема – програмно-педагогічних; розробка нетрадиційних форм і методів контролю; дослідження діяльності викладача як чинника впливу на результативність навчання студентів фізиці.

Література

1. Белостоцкий П. И. Компьютерные технологии: современный урок физики и астрономии / Белостоцкий П. И., Максимова Г. Ю., Гомулина Н. Н. // Физика. – 1999. – №20. – С. 3–10.

2. Бондаровська В. М. Діти та нові інформаційні технології: позитивні та негативні наслідки нової культури людського життя / В. М. Бондаровська // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2000. – №1. – С. 49–52.

3. Бугайов О. І. Комп'ютерна підтримка курсу фізики в середній школі: реальність та перспективи / О. Бугайов, В. Коваль // Фізика та астрономія. – 2001. – №3. – С. 16.

4. Величко С. П. Нове навчальне обладнання для спектральних досліджень : посібник [для студентів фіз.-мат. фак. ВНЗ]. – [2-е вид. перероблене] / Степан Петрович Величко. – Кіровоград: Імекс-ЛТД, 2006. – 202 с.

5. Гур'євська О. М. Інноваційні підходи до тестування з теоретичної фізики в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу / О. М. Гур'євська, Н. В. Подопрігра // Наша школа. – 2009. – №6. – С. 68–73.

6. Самсонова Г. В. Удосконалення форм і методів вивчення фізики / Г. В. Самсонова, Т. П. Чернишенко // Зб. статей / [за ред. Є. В. Коршака]. – К. : Рад. школа, 1982. – С. 44–52.

7. Сергієнко В. П. Теоретико-методичні особливості використання сучасних комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання із загальної фізики / В. П. Сергієнко, М. І. Шут // Засоби і технології єдиного інформаційного освітнього простору : зб. наук. праць / [за ред. В. Ю. Бикова, Ю. О. Жука] / Інститут засобів навчання АПН України. – К. : Атіка, 2004. –

С. 24–31.

8. Колечинцева Т. С. Диференційований підхід до контролю і оцінювання навчальних досягнень з фізики учнів 8-х класів загальноосвітніх шкіл : дис. ... кандидата пед. наук : 13.00.02 / Колечинцева Тетяна Сергіївна. – К., 2009.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ СТУДЕНТОВ-ПРОВИЗОРОВ В КУРСЕ ФИЗИКИ НА ОСНОВЕ МЕЖПРЕДМЕТНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

С.Н. Деревцова

г. Смоленск, Смоленская государственная медицинская академия
SvetlanaDerevtsova@gmail.com

В настоящее время современное профессиональное образование рассматривают как систему самостоятельных интегративных процессов в многоуровневой структуре, целенаправленное взаимодействие которых приводит к созданию новой целостности – профессиональной деятельности специалиста нового типа.

Основными тенденциями развития фармацевтического образования являются усиление фундаментальности и интегративности, углубление гуманизации и дифференциации. Важнейшей интегративной функцией образования является подготовка высококвалифицированного специалиста широкого профиля, способного к постоянному творческому поиску и приобретению новых знаний.

Бурное развитие медицины и фармации выявило необходимость подготовки специалистов обладающих не только глубокими знаниями в области профессионально-ориентированных дисциплин, но имеющих фундаментальную теоретическую и практическую подготовку в области физики, химии и смежных с ними дисциплин. Средствами этих предметов формируются профессиональные знания и умения, которые способствуют развитию личности выпускника и становлению его профессиональных качеств, компетентности и адаптивности в реальных клинических и бытовых ситуациях.

Формированию профессиональных умений обучающихся в вузах уделяется много внимания в нормативно-правовых актах, регламентирующих деятельность высших учебных заведений, а также в научных психолого-педагогических исследованиях. Относительно медицинских и фармацевтических вузов, доля таких исследований не велика и в основном они касаются отдельных профильных и специальных дисциплин, а реальное положение дел в определении содержания и организации процесса формирования профессиональных умений в предметах естественнонаучного цикла трудно признать удовлетворительным.

Сегодня становится очевидным, что образование должно формировать готовность выпускников к профессиональной деятельности в условиях быстрой смены технологий. Существующая линейно-дискретная предметная система образования не ориентирована на развитие систем-

ных знаний и профессиональных умений.

Нами обоснована и разработана методика формирования профессиональных умений студентов-провизоров в курсе «Физика» на основе межпредметной интеграции.

В медицинских и фармацевтических вузах последнее время на доклиническом (допрофильном) этапе господствует традиционный когнитивно-центрированный подход, который исходит из информационной модели обучения. Стратегией этой модели является освоение учащимися знаний, умений, навыков в предметном содержании. Основной является усвоение «багажа знаний», а вопросу формирования умения пользоваться этими знаниями уделяется мало внимания: фрагментарно на практических занятиях, с помощью отдельных примеров [2, 37–38].

Таким образом, субъективно цели обучения достигаются – усваивается объём знаний, но объективность требует эффективного формирования умения применять эти знания. Знать – ещё не значит уметь действовать в соответствии с знанием и использовать его в практической деятельности. При этом следует понимать, что каждое предметное умение входит в состав учебного, тем самым формирует профессиональное умение.

В настоящее время учебный процесс в медицинском и фармацевтическом вузах имеет следующую структуру: сообщение знаний обучаемому (лекция, рассказ, демонстрация) → заучивание и запоминание знаний обучаемым (самостоятельная работа) → конечный результат обучения – багаж знаний, осведомлённость, эрудиция (показанные на экзаменах) [2, 38]. Совершенствование методической инфраструктуры обучения в рамках информационной модели не улучшает качества обучения.

Возникновение концепции поэтапного формирования умственных действий и понятий П.Я. Гальперина привело к созданию операционных моделей обучения. Исследования психологов подтверждают, что учить необходимо не для того, чтобы давать сумму знаний, а для того, чтобы научить действовать [2, 42–47]. На клиническом (профильном) этапе через системы ФПК внедряется операционно-деятельностный подход, в естественнонаучном цикле пока ещё доминирует когнитивно-центрированный.

Мы используем сочетание личностно-деятельностного и личностно-ориентированного подходов в операционной модели обучения, которые обеспечивают личностный рост студентов и преподавателей при сохранении значимости цели подготовки к профессиональной деятельности, то есть будут способствовать динамичному развитию квалифицированного выпускника. В рамках данных подходов нами выдвигаются требования к специалисту-провизору на фоне профессиональной деятельно-

сти, что приводит к пересмотру сложившихся стереотипов в образовательной среде и актуализации принципов профильного обучения.

Мы выделяем основные принципы организации педагогического процесса в медицинских и фармацевтических вузах:

- принцип диалогизации педагогического взаимодействия как равноправного сотрудничества преподавателя и студента;
- принцип проблематизации, раскрывающий творческий характер обучения в медицинском вузе;
- принцип персонализации, направленный на преодоление недостатков традиционного ролевого педагогического взаимодействия;
- принцип индивидуализации педагогического взаимодействия, ориентированный на уникальность личности каждого студента;
- принцип деонтологической направленности подготовки специалиста, отражающий этическую сторону профессиональной деятельности специалиста.

Интегративный подход в обучении проявляет себя как самостоятельный принцип обучения и входит в учебно-управленческую деятельность преподавателя и учебно-познавательную деятельность студентов.

В нашей работе, мы рассматриваем формирующиеся в стенах вуза профессиональные умения, которые оцениваем как ключевые основы формирования современного специалиста: обобщённые профессиональные, частные (специальные). Формирование и развитие профессиональных умений зависит и опирается на учебные умения, полученные студентами при изучении отдельных дисциплин.

Для нашей работы мы выбрали классификацию учебных умений, предложенную С.А. Герус [1, 102], где в основу положена особенность выполнения действий. Нами создана схема – модель современного выпускника-провизора, в формировании которого заложены учебные и профессиональные умения и декларируемые государственным образовательным стандартом требования.

Мы подчёркиваем необходимость активного развития не только узких специальных профессиональных умений, но и обобщённых профессиональных умений, так как многие из них можно отнести к сфере функциональной грамотности специалиста: знание основ педагогики и психологии, умение пользоваться компьютером и современным программным обеспечением общего и профессионального приложения, умения целостного восприятия окружающего мира, овладение технологиями принятия оптимальных решений и др.

Реализация личностно-деятельностного и личностно-ориентированного подходов в фармацевтическом образовании требует пересмотра классической структуры получения специальности: включение обучае-

мого в формулирование учебных задач и проблем, опора на активность обучающихся в процессе обучения, развитие познавательных и творческих способностей студента средствами предмета, привлечение студентов к посильной самостоятельной деятельности, организация межсубъектных отношений преподаватель-студент, студент-студент на учебно-профессиональной основе.

Наша работа осуществляется на 1-2 курсах медицинского вуза (фармацевтический факультет), данный этап является сензитивным для развития активности, мотивации учения и интереса к профессиональной деятельности, самоорганизации, самоконтроля студента, формирования умений самостоятельной и исследовательской деятельности.

Рассматриваемыми системами являются модули курса «Физика» на фармацевтическом факультете. Для описания систем необходимо выделять их оценочные параметры. А.И. Уемов выделяет семь оценочных параметров систем (гомогенность, элементарность, минимальность, незавершённость, упорядоченность, имманентность, элементо-автономность) и четыре варианта измерения систем (параметрический, морфологический, функциональный, поведенческий) [3]. При структурировании содержания курса физики в модули мы учитываем указанные параметры и подходы.

В своей работе мы используем метод моделирования для обоснования теоретической модели целостного процесса обучения физики и эффективного формирования в нём профессиональных умений.

Структурирование и отбор учебного материала в учебном курсе является важнейшей дидактической проблемой. Для её решения необходимо обозначить систему положений, которые выполняют роль принципов, требований и критериев. Нами выделены основные дидактические принципы, которые позволяют эффективно построить процесс получения фармацевтического образования в вузе. Определены и выделены дидактические условия, взаимосвязанные между собой, которые образуют целостную систему проектирования и реализации процесса формирования профессиональных умений: на основе современных технологий обучения; реализация внутри- и межпредметных связей; учебно-методический комплекс по данной дисциплине; ориентация преподавательского состава на процесс формирования личности студента и его профессиональную траекторию; овладение совокупностью инновационных методик; мотивация и познавательный интерес студентов; целенаправленное формирование способности раскрывать причинно-следственные и структурно-функциональные зависимости; определение показателей, критериев и уровней сформированности профессиональных умений.

Мы выделяем этапы организации интегративно-модульного обучения провизоров в курсе «Физика» и формирования профессиональных умений на основе межпредметной интеграции: ориентировочно-мотивационный, обобщающе-систематизационный, системно-функциональный, интегративно-действенный.

Нами обоснованы и внедрены в учебный процесс этапы рационального формирования обобщённых умений студентов при изучении предметов естественнонаучных дисциплин: действие – анализ сущности умения – усвоение умения в продуктивной деятельности – обобщение умений – межпредметная и внутрипредметная интеграция обобщённых умений и их творческий перенос.

Достижение высокого качества сформированных профессиональных умений определяется условиями: определение структуры формируемого умения; умение производить элементарные действия и операции выявленной структуры; осознание функции каждой выполняемой операции; интерпретация операционного состава действий в виде алгоритма, схемы и др.; осознание студентами обобщённого представления об ориентировочных основах действий; организация деятельности студентов по усвоению умения, а также проектированием и реализацией мультидисциплинарных дидактических комплексов.

Под мультидисциплинарными дидактическими комплексами мы понимаем совокупность дисциплин, спроектированная на едином системообразующем основании (лично-деятельностном подходе), при использовании которого возникает нелинейный эффект усиления дидактического результата. Для проектирования модели мультидисциплинарного дидактического комплекса необходимо выделить его функциональные элементы: набор ключевых понятий (ядро интеграции) и дисциплин, определение взаимосвязи этих дисциплин между собой в виде пересечения знаниевых областей, взаимодействие и взаимопроникновение дисциплин друг в друга, нелинейное взаимодействие дидактических единиц на основе пересечения деятельностных областей подготовки специалиста, результатами являются системные знания и умения.

С целью повышения уровня подготовки выпускника-провизора к профессиональной деятельности в современных условиях, нами разработан и внедрён в учебный процесс межкафедральный элективный курс «Физико-химические методы анализа лекарственных веществ». В разработку структуры электива положен принцип межпредметной интеграции курсов физики и фармацевтической химии. В элективном курсе рассматриваются физико-химические методы, которые используются или могут быть использованы при исследованиях и производстве лекарственных веществ в фармации. Показано, какие существуют возможности

по решению вопросов, с которыми могут столкнуться выпускники фармацевтических факультетов, вузов в своей профессиональной деятельности. Профессиональное овладение любым физическим методом исследования требует глубокого изучения специальной литературы и приобретения устойчивых навыков работы с оборудованием. В конце изучения электива студенты фармацевтического факультета владели умениями самостоятельного учения, умениями планировать и проводить эксперимент, умели решать задачи всех типов и проводить их всесторонний анализ, активно приобщались к функциональному применению теоретических знаний.

В системе высшего профессионального образования наиболее актуальными инновациями считаем: переориентация целей высшего профессионального образования на получение образования, ориентированного на развитие личности; обновление содержания обучения; ориентация на процесс учения будущих специалистов; оптимизация процесса обучения с целью достижения максимального результата с минимальными затратами.

Литература

1. Герус С. А. Теория и практика рационализации процесса обучения химии в средней школе : монография / Герус С. А. – СПб. : РГПУ им. А.И. Герцена, 2003. – 160 с.
2. Кудрявцев В. Высшее медицинское образование в России и США: Две концепции обучения одной профессии / Кудрявцев В., Сидоров П. // Высш. обр. в России. – 1995. – №2. – С. 167–172.
3. Уемов А. И. Системный подход и общая теория систем / Уемов А. И. – М. : Мысль, 1978. – 272 с.

ВІРТУАЛЬНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА «ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ТОЧКОВИХ ЗАРЯДІВ»

Ю.В. Єчкало

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

Реформування концептуальних, структурних та організаційних основ системи освіти України потребує підготовки нового покоління інженерних кадрів, здатного до роботи в сучасних соціально-економічних умовах. Головною метою педагогічного процесу є формування особистості, здатної самостійно та творчо працювати, виховання у кожного студента позитивного ставлення до навчання та професії, активності, самостійності та ініціативності, які забезпечують можливість та готовність майбутнього спеціаліста до високих досягнень у його професійній діяльності. Одним з факторів досягнення цієї мети у вищому навчальному закладі є самостійна робота студентів.

Кожний заліковий модуль з фізики передбачає виконання студентом певного обсягу роботи різних видів: аудиторної (лекції, лабораторні роботи, практичні заняття) та самостійної. В умовах кредитно-модульної системи самостійна навчально-пізнавальна діяльність набуває особливо-го статусу. Це обумовлюється тим, що, з одного боку, в порівнянні з традиційною системою навчання на самостійну навчально-пізнавальну діяльність студентів відводиться більше часу, ніж на аудиторну, а з іншого боку суспільство потребує підготовки конкурентоспроможних фахівців, як на внутрішньому ринку праці держави, так і за її межами [1].

Мета лабораторного практикуму у вищому навчальному закладі – поглибити теоретичні знання студентів, ознайомити їх з технічними засобами та методами точного вимірювання, навчити фізичному експериментуванню. Сучасний фізичний експеримент – це широкий фронт наукових досліджень природи. З одного боку, він є засобом накопичення даних про її явища, з іншого – слугує критерієм достовірності наших уявлень про неї. Нерідко фізичний експеримент давав початок розвитку нових галузей техніки або нової технології виробництва [2]. У навчальному процесі технічного вузу фізичне експериментування є одним з методів вивчення фізики як науки і засобом підготовки фахівців.

Повна чи часткова відсутність у навчальних планах останніх років лабораторних робіт з курсу фізики породжує важку методичну проблему, адже навички проведення експериментальних досліджень різних фізичних явищ (в тому числі із застосуванням комп'ютера) є ключовими

для майбутнього інженера [3]. На нашу думку, подолати цю проблему можна, використовуючи віртуальні лабораторні роботи у самостійній навчально-пізнавальній діяльності студентів.

Пропонована нижче лабораторна робота виконується на базі навчального комп'ютерного курсу «Открытая физика».

Мета: ознайомитись з моделюванням електричного поля від точкових джерел; експериментально підтвердити закономірності для електричного поля точкового заряду й електричного диполя; експериментально визначити величину електричної сталої.

Теоретичні відомості

Електричний диполь – система двох точкових зарядів, однакових за модулем і протилежних за знаком; вектор \vec{l} , проведений від негативного до позитивного заряду, називається плечем диполя. Диполь називається точковим, якщо плече диполя набагато менше відстані r від центра диполя до точки, в якій знаходять напруженість електричного поля диполя ($l \ll r$).

Важливою характеристикою електричного диполя є дипольний (електричний) момент \vec{p} :

$$\vec{p} = |q|\vec{l}.$$

Напруженість поля точкового диполя в точці, що лежить на перпендикулярі до плеча диполя, проведеному через середину плеча:

$$\vec{E} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p}}{r^3}.$$

Методика виконання роботи

Комп'ютерний експеримент дає можливість, змінюючи величини і знаки зарядів, а також відстані між ними, визначати модуль і напрямок сил електричної взаємодії. Для сумарної сили взаємодії двох зарядів

$$F = F_{12} \frac{l}{r_{12}}.$$

Завдання до роботи

1. Дослідити електричне поле точкового заряду.
2. Дослідити електричне поле диполя.
3. Визначити величину електричної сталої.

Порядок виконання

У розділі «Електродинамика» вибрати модель «Взаимодействие точечных зарядов» (рис. 1).

1. Дослідження поля точкового заряду.

1.1. Перемістити заряд q_1 і зафіксувати його поблизу лівої границі експериментального поля.

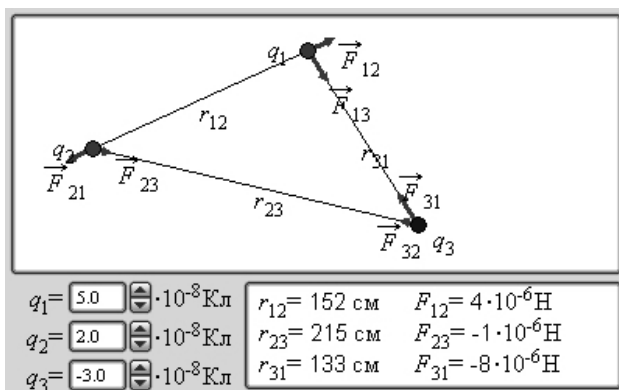


Рис. 1

1.2. Встановити величину заряду q_1 відповідно до номеру варіанта (табл. 1).

Таблиця 1

Варіант	1	2	3	4
$q_1, 10^{-8} \text{ Кл}$	4	4	-4	-4
	6	5	-5	-6
	8	9	-7	-8
	10	10	-9	-10

1.3. Заряд q_3 помістити під першим, встановити $q_3 = 0$. Встановити $q_2 = 10^{-8} \text{ Кл}$.

1.4. Перемістити, натиснувши ліву кнопку миші, заряд q_2 вправо, встановлюючи відстані r_{12} до першого заряду, зазначені в табл. 2. Виміряні в даних точках значення $E_1 = \frac{F_{12}}{q_2}$ занести у відповідний рядок табл.

2.

1.5. Повторити вимірювання для трьох інших значень заряду q_1 з табл. 1, записуючи в табл. 2 значення E_2, E_3 та E_4 .

Таблиця 2

$r, \text{ см}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\frac{1}{r^2}, \text{ м}^{-2}$									
$E_1, \text{ В/м}$									
$E_2, \text{ В/м}$									
$E_3, \text{ В/м}$									
$E_4, \text{ В/м}$									

2. Дослідження поля диполя.

2.1. Встановити величину другого заряду диполя q_3 відповідно до номеру варіанта (табл. 1), змінивши знак на протилежний.

2.2. Перемістити заряд q_3 так, щоб електричний момент диполя був вертикальним, а плече диполя ($l = r_{13}$) дорівнювало 10 см.

2.3. Перемістити заряд q_2 уздовж лінії, перпендикулярної до вісі диполя (горизонтально), утримуючи ліву кнопку миші. На відстанях r від вісі диполя, зазначених у табл. 2, виміряти і занести значення

$E_1 = \frac{F_{12}}{q_2} \frac{l}{r_{12}}$ у табл. 3. аналогічну до табл. 2 (окрім другого рядка, у якій

тут треба записати: $\frac{1}{r^3}$, м^{-3}).

2.4. Повторити вимірювання для трьох інших значень зарядів q_1 і q_3 з табл. 1, записуючи в табл. 3 значення E_2 , E_3 та E_4 .

Обробка результатів вимірювання

1. Обчислити і записати у таблиці 2 і 3 значення для другого рядка.

2. Побудувати на одному аркуші графіки залежності напруженості електричного поля E точкового заряду від квадрата зворотної відстані ($1/r^2$).

3. Побудувати на іншому аркуші графіки залежності напруженості електричного поля E на вісі диполя від куба зворотної відстані ($1/r^3$).

4. За тангенсом кута нахилу графіків на кожному з двох аркушів ви-

значити електричну сталу, використовуючи формули $\epsilon_0 = \frac{q_1}{4\pi} \frac{\Delta\left(\frac{1}{r^2}\right)}{\Delta(E)}$ для

першого креслення і $\epsilon_0 = \frac{p}{4\pi} \frac{\Delta\left(\frac{1}{r^3}\right)}{\Delta(E)}$ для другого (для великих відстаней r).

5. Обчислити середнє значення електричної сталої.

6. Записати відповіді і проаналізувати відповідь і графік.

Контрольні запитання

1. Що називається електричним полем? Назвати джерела електричного поля.

2. Перелічити і пояснити основні властивості заряду.

3. Яка сила діє між зарядами? Записати закон Кулона.

4. Записати формулу для напруженості поля точкового заряду. Сформулювати принцип суперпозиції для електричного поля.

5. Що таке електричний диполь? Записати і пояснити формулу ди-

польного (електричного) моменту.

6. Сформулювати і записати формулу для електричного поля на осі диполя.

Література

1. Модульная технология образовательного процесса в вузе (на примере физики) : учебно-методическое пособие / Асадуллин Р. М., Васильев Л. И., Дмитриева В. Ф., Мамцев А. Н., Самойленко П. И. – М. : МГУТУ, 2005. – 91 с.

2. Бушок Г. Ф. Методика преподавания общей физики в высшей школе / Бушок Г. Ф., Венгер Е. Ф. – К., 2000. – 415 с.

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

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСТРОНОМА-ЛЮБИТЕЛЯ

Н.Н. Жолонко

г. Черкассы, Черкасский национальный университет
имени Богдана Хмельницкого
zholonko@yahoo.com

В своей работе астроному приходится постоянно заниматься математическими расчётами различной сложности. Так, например, если наблюдателю время и географическая точка известны, для получения высоты и азимута данного светила можно воспользоваться формулами сферической геометрии, которые связывают горизонтальные и экваториальные координаты [1]. Последние для Солнца, Луны и планет на известный день наблюдения приводятся в астрономических ежегодниках [2–4], а для звёзд (места и прецессия) – в каталогах [5]. Однако, несмотря на детальные описания и приводимые примеры, вручную такие расчёты проводить довольно сложно, если требуется достаточно высокая точность, поскольку легко ошибиться в пересчёте различных систем времён и углов. Задача в значительной мере упрощается, если есть компьютер с удобным графическим интерфейсом (см. [6] или другие планетарии), где все расчёты автоматизированы. С появлением GPS-определителей проблема быстрого и точного определения своего местонахождения вообще практически исчезает. Однако в учебных целях и многих видах практической деятельности (в том числе и при разработке программного обеспечения систем спутниковой навигации) важно иметь представление об астрономических методах как важнейшем на сегодня резервном и поверочном методе определения положения наблюдателя.

Несмотря на рост мощности и общедоступность персональных компьютеров, а также быстрый прогресс программного обеспечения, и сегодня перед астрономом-любителем и даже среди специалистов достаточно остро стоит проблема разработки собственного программного обеспечения. Так, например, при решении проблемы определения своих географических координат из астрономических наблюдений двух светил для произвольных моментов времени трудно обходиться без автоматизации, поскольку приходится выполнять множество рутинных операций [7; 8]. При этом, конечно, очень помогает астрономический ежегодник или компьютерный планетарий, предоставляя возможность определить небесные координаты светил на момент наблюдений. Однако остаётся много работы по обработке данных измерений высот (учёт рефракции и приборных погрешностей), пересчёте углов и времени, нанесении линий равных высот для нахождения географической точки. Раньше, напри-

мер, для штурманов дальней авиации эта проблема решалась публикацией специальных таблиц [9], где приводились высоты основных навигационных звёзд в зависимости от звёздного времени, полученные с применением большого компьютера Института теоретической астрономии АН СССР, а также соответствующие расчётные методики их использования.

Предлагаем пример программы, самостоятельно определяющей долготу и широту наблюдателя при известных дате, измеренных теодолитных высотах двух моментов светила при его разных временах наблюдений, а также погрешности установки теодолита (место нуля). Программа написана в среде Matlab, поэтому легко читается, самостоятельно производит расчёт рефракции и звёздного времени, а также склонения и прямого восхождения из таблицы астрономического ежегодника для данного месяца. Пример выполнен для июля 2007 года (Солнце), причём программу легко доработать на год и для любого другого светила. Особенности её работы можно понять из комментариев.

Пример программы. Солнце, г. Черкассы, $49^{\circ}25.5'$ сев. ш., $32^{\circ}5.5'$ вос. дол.

Знак % в Matlab означает комментарий до конца строки. Измерения высот проводились на пятисекундном теодолите ТТ4. Время измерялось с помощью спортивного секундомера.

```
%Program sunline7;
%расчёт широты и долготы из линий положения Солнца в июле 2007
года
%используются данные Пулковского АК (земное время ТТ для альфа и
дельта программой пересчитывается в стандартное UTC)
%***** НУЖНО ВВЕСТИ *****
N=8; %день июля месяца 2007
vtimeu1=11+36/60+27.8/3600; %время первого наблюдения по Гринвичу
vtimeu2=12+59/60+3.3/3600; %время второго наблюдения по Гринвичу
MO=2+10/60; %место нуля теодолита в минутах
h1=(56+26/60+25/3600); %высота уровня нижнего края диска 1-го изм.
h2=(45+6/60+0/3600); %высота уровня нижнего края диска 2-го изм.
fi0=50; %приблизительно известные широта
lambda0=32; %и долгота
%***** ОСТАЛЬНОЕ КОМПЬЮТЕР СЧИТАЕТ САМ *****
r=15+44.7/60; %радиус диска Солнца, средний на июль-2007,+1
угл.секунда
par=0.00916; %коэффициент паралакса для Солнца
s0=18.5124+N*0.065712; %звёздное время на начало суток по Гринв. в
час.;
```

%константа 18.5124 – звёздное время для посл.дня предыдущего месяца
 %таблица склонений на июль 2007 года (Пулковский АК 2007):
 delt=[23 8 50.3; 23 4 50.8; 23 0 27.1; 22 55 39.4; 22 50 27.7; 22 44 52.1; ...
 22 38 52.8; 22 32 29.9; 22 25 43.5; 22 18 33.7; 22 11 0.8; 22 3 5.0; 21 52
 43.4; ...
 21 46 5.2; 21 37 1.7; 21 27 36.1; 21 17 48.6; 21 7 39.4; 20 57 8.8; 20 46 17.0;
 ...
 20 35 4.2; 20 23 30.8; 20 11 36.9; 19 59 22.8; 19 46 48.8; 19 33 55.1; 19 20
 42.1;
 19 7 10; 18 53 19.0; 18 39 9.5; 18 24 41.7; 18 9 55.7];

%таблица прямых восхождения на июль 2007 года (Пулковский АК):
 alf=[6 38 22.7; 6 42 30.81; 6 46 38.66; 6 50 46.23; 6 54 53.50; 6 59 0.45; ...
 7 3 7.08; 7 7 13.37; 7 11 19.29; 7 15 24.84; 7 19 29.99; 7 23 34.72; 7 27
 39.01; 7 31 42.84; 7 35 46.19; 7 39 49.03; 7 43 51.36; 7 47 53.14; 7 51
 54.38; 7 55 55.06; 7 59 55.17; 8 3 54.7; 8 7 53.64; 8 11 52.0; 8 15 49.75; 8 19
 46.9; 8 23 43.45; 8 27 39.38; 8 31 34.71; 8 35 29.42; 8 39 23.53; 8 43 17.03];
 delta1=(delt(N,1)+delt(N,2)/60+delt(N,3)/3600)*3.14159/180; %геоцентри-
 ческое склонение из градусов в радианы;
 delta2=(delt(N+1,1)+delt(N+1,2)/60+delt(N+1,3)/3600)*3.14159/180;
 alfa1=alf(N,1)+alf(N,2)/60+alf(N,3)/3600; %геоцентрическое пря-
 мое %восхождение в часах;
 alfa2=alf(N+1,1)+alf(N+1,2)/60+alf(N+1,3)/3600;

%FIRST STAR

delta11=delta1+(delta2-delta1)/24*(vremya1);
 alfa11=alfa+(alfa2-alfa1)/24*(vremya1+65/3600);
 s1=s0+1.002738*vremya1; %звёздное время первого наблюдения в ча-
 сах;
 par1=180*60/pi*asin(par*sin(r/60*pi/180)*cos(h1*pi/180));%угол паралак-
 са
 x=90-h1; %зенитное расстояние для определения рефракции из сплайна
 if x<50 ro1=((4.7699246*10^(-10))*x^7-(8.6676361*10^(-
 8))*x^6+(6.2617549*10^(-6))*x^5-(2.227596*10^(-
 4))*x^4+0.0040725*x^3-0.0304733*x^2+1.0704562*x-0.0169928)/60;
 if x<70 ro1=(0.0046799*x^3-0.7116766*x^2+38.8609738*x-
 680.0403343)/60;
 else if x<80 ro1=(0.072097*x^3-15.2221484*x^2+1080.9978386*x-
 25653.1085916)/60;
 else if x<85 ro1=(0.682946*x^3-
 162.9130853*x^2+12986.046593*x- 345589.8400083)/60;
 else

```

ro1=(12.0544348*x^3-3102.2138035*x^2+266242.6613595*x-
7.6194788*10^6))/60;
end;end;end;end;
h1exp=h1+(r-MO-ro1)/60+par1/60; %экспериментально измеренная высо-
та с учётом всех смещений
t1=s1*15+lambda0-alfa11*15; %часовой угол светила в градусах
%расчёт первой высоты в приблизительно известном месте
h1calc=asin(sin(fi0*pi/180)*sin(delta11)+cos(fi0*pi/180)*cos(delta11)*cos(
t1*pi/180))*180/pi;
A1=asin(sin(t1*pi/180)*cos(delta11)/cos(h1calc*pi/180))*180/pi;%Азимут 1
dh1=(h1exp-h1calc)*60*1.852; %расстояние между выч. и изм. линиями
% положения 1
%SECOND STAR
delta22=delta1+(delta2-delta1)/24*(vremya2+65/3600);
alfa22=alfa1+(alfa2-alfa1)/24*(vremya2+65/3600);
s2=s0+1.002738*vremya2-24;
par2=180*60/pi*asin(par*sin(r/60*pi/180)*cos(h2*pi/180));
x=90-h2; %зенитное расстояние для определения рефракции из сплайна
if x<50 ro2=((4.7699246*10^(-10))*x^7-(8.6676361*10^(-
8))*x^6+(6.2617549*10^(-6))*x^5-(2.227596*10^(-
4))*x^4+0.0040725*x^3-0.0304733*x^2+1.0704562*x-0.0169928)/60;
if x<70 ro2=(0.0046799*x^3-0.7116766*x^2+38.8609738*x-
680.0403343)/60;
else if x<80 ro1=(0.072097*x^3-15.2221484*x^2+1080.9978386*x-
25653.1085916)/60;
else if x<85 ro1=(0.682946*x^3-
162.9130853*x^2+12986.046593*x- 345589.8400083)/60;
else
ro2=(12.0544348*x^3-3102.2138035*x^2+266242.6613595*x-
7.6194788*10^6))/60;
end;end;end;end;
h2exp=h2+(r-MO-ro2)/60+par2/60;
t2=s2*15+lambda0-alfa22*15;
h2calc=asin(sin(fi0*pi/180)*sin(delta22)+cos(fi0*pi/180)*cos(delta22)*cos(
t2*pi/180))*180/pi;
A2=asin(sin(t2*pi/180)*cos(delta22)/cos(h2calc*pi/180))*180/pi;
dh2=(h2exp-h2calc)*60*1.852; %расстояние между выч. и изм. линиями
%положения 2
%Далее идёт проверка возможного прохождения азимута 90° после из-
мерения 1
AAA=A2-A1;

```

```

if AAA<0 disp('ПЕРЕВОРОТ АЗИМУТОВ!');A1=180-A1;A2=180-A2; else
end;
%Расчёты окончательных величин: у - смещение вниз по карте в км, х -
вправо
y=(-dh1*sin(A2*pi/180)+dh2*sin(A1*pi/180))/sin((-A2+A1)*pi/180);
x=(dh2*cos(A1*pi/180)-dh1*cos(A2*pi/180))/sin((-A2+A1)*pi/180);
A=-atan(x/y)*180/pi; %A - азимут истинной точки относительно нулевой
vidstan=sqrt(x*x+y*y);%расстояние до псевдоистинной точки от нулевой
fi=fi0-y/1.852/60; %псевдоистинная широта
h01=0; %высота наблюдателя над уровнем моря в момент-1
h02=0; %высота наблюдателя над уровнем моря в момент-2
gfi=fi-692.62*sin(2*fi*pi/180)/3600+1.16*sin(4*fi*pi/180)/3600; %гео-
центр.широта
%псевдоистинная долгота:
lambda=lambda0+x*180/(pi*(6378+(h01+h02)/2000)*(1-0.003324*sin(fi
*pi/180)^2-0.000028*sin(fi*3.14159/180)^4)*cos(gfi*pi/180));
shigrad=fix(fi); shimin=(fi-fix(fi))*60; shisec=(shimin-fix(shimin))*60;
dolggrad=fix(lambda); dolgmin=(lambda-fix(lambda))*60;
dolgsec=(dolgmin-fix(dolgmin))*60;
shirota=[shigrad fix(shimin) fix(shisec)];
dolgota=[dolggrad fix(dolgmin) fix(dolgsec)];
disp('широты и долготы даны в градусах-минутах-секундах:');
ShirotaDolgota=[shirota; dolgota],
%disp('расстояние в км и азимут до псевдоистинной точки от нулевой:');
%vidstanAZIMUT=[sqrt(x*x+y*y) A], %расстояние и азимут до псев-
доистинной точки от нулевой
%вывод истинных разностей, если известно настоящее положение на-
блюдателя:
dfi=(49+25.5/60-fi)*60*1.852;
dlambda=6371*cos(fi*3.14159/180)*(32+5/60-lambda)*3.14159/180;
oshibka=sqrt(dfi^2+dlambda^2);
disp('ошибка в км, а также разности истина-вычисл. по широте и долготе
в минутах:');
Oshibka=[oshibka dfi/1.852 (32+5/60-lambda)*60],
    Конец программы. После её запуска пользователь увидит на экране
следующее:
>> широты и долготы даны в градусах-минутах-секундах:
ShirotaDolgota =
    49  25  33
    32  5  42
ошибка в км, а также разности истина-вычисл. по широте и долготе в

```

минутах:
Oshibka =

0.8526 -0.0570 -0.7019

В последней части программы производится построение истинных линий равных высот (в предположении, что они – прямые линии) и поиск их пересечения. Как видно, точность определения на часовом интервале оказывается близкой 1 км. На интервале порядка 10-15 мин она составляет несколько км (см. табл.1). Общее время измерений можно также довести до 15 мин, причём оно же будет и временем определения координат, поскольку ввод чисел производится за 1 мин, а расчёты – практически мгновенно. Точность можно увеличить на порядок, однако для этого следует провести многократные измерения и найти среднее. В данной статье приведен пример наиболее сложных расчётов, когда нужно учитывать угловой диаметр светила и его параллакс. Если же для определения координат используется звезда, то расчёты упрощаются.

Таблица 1

Некоторые результаты определения указанной географической точки из двух положений одного и того же светила

Дата	23.06.07	24.06.07	25.06.07	27.06.07	8.07.07	9.07.07
Светило	Солнце	Венера Луна	Солнце Венера Луна Юпитер	Венера Юпитер	Солнце	Венера Юпитер
Интервал времени, мин	42	30 20	40; 50 15; 60 32 10	13 20; 30	8; 15; 22	27 14
Ошибка определения, км	0,6	4,5 7	1,8; 1,2 3,9; 1 6,5 1,3	0,8 4,1; 0,5	2,7; 1,1; 1	4,7; 4,9

Литература

1. Астрономический календарь. Постоянная часть / Бронштэн В. А., Воронцов-Вельяминов Б. А., Куликовский П. Г., Куницкий Р. В. – М.: Физматгиз, 1962. – 772 с.
2. Одесский астрономический календарь на 2006 год. – Одесса : Астропринт, 2005. – 256 с.
3. Астрономический календарь Пулковской астрономической обсерватории РАН на 2006 год. – Санкт-Петербург, 2005. – 217 с.
4. Астрономічний календар ГАО НАН України на 2006 рік. – К.,

2005. – 266 с.

5. Пономарёв Д. Н. Атлас и карты звёздного неба 2000 / Пономарёв Д. Н., Чурюмов К. И. ; под ред. Л. И. Беляева, М. А. Федосова. – М. : ВАГО, 1991. – 80 с. и 20 карт.

6. Walker J. Home Planet for Windows. Release 3.0 [Electronic resources] / Jone Walker. – Mode of access : [http:// www.fourmilab.ch/](http://www.fourmilab.ch/)

7. Михальчук В. В. Инструкция «Определение места судна в малом плавании» / Михальчук В. В. // Одесский астрономический календарь на 2005 год. – Одесса : Астропринт, 2004. – С. 234-238.

8. Жолонко Н. Н. Инструкция по автоматизации определения координат наблюдателя астрономическим методом / Жолонко Н. Н. // Одесский астрономический календарь на 2007 год. – Одесса : Астропринт, 2006. – С. 230-234.

9. Таблицы высот и азимутов звёзд северных и южных широт. – М. : Воениздат, 1969. – 330 с. с приложениями.

КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНЯ-ЕКСПЕРИМЕНТАТОРА ОСНОВНОЇ ШКОЛИ

Н.А. Іваницька

м. Чернігів, Чернігівський державний педагогічний університет
ім. Т. Г. Шевченка
ivanytska@bigmir.net

Сучасні зміни в освіті знаходять своє відображення у вимогах до учнів основної школи. Так, згідно з Концепцією загальної середньої освіти (12-тирічної школи) [4], у них мають бути сформовані вміння опрацьовувати інформацію, вільно використовувати здобуті знання для аналізу нестандартних ситуацій, здійснення самостійного вибору та прийняття відповідальних рішень у різноманітних ситуаціях. Для них має бути властивий цілісний науковий світогляд, бажання і вміння вчитися, вміння практичного і творчого застосування здобутих знань. Оскільки у формуванні практичних вмінь та навичок учнів основної школи важлива роль належить навчальному фізичному експерименту, то виникає **проблема** визначення компетентностей, які є провідними для учнів, що самостійно проводять експеримент. Вказана проблема пов'язана із вирішенням наступного практичного завдання: розробкою дидактичної системи, спрямованої на формування вмінь експериментувати в учнів основної школи.

Питанню вивчення вмінь учнів основної школи, які здатні до самостійного виконання навчального фізичного експерименту, присвячені роботи багатьох дослідників, серед яких І.Г. Антіпін, Л.І. Анциферов, І.С. Войтович, А.А. Давиденко, Н.Ф. Іскандеров, О.Ф. Кабардін, І.З. Ковальов, М.А. Константинов, Д.Я. Костюкевич, М.П. Легкий, Н.К. Мартинова, В.В. Мендерецький, О.В. Пьоришкін, М.П. Руденко, В.А. Салогуб, О.В. Сергеев. Однак, питання визначення компетентностей, які властиві учню-експериментатору, залишається недостатньо вивченим. Тому **мета** даної статті – виявити найбільш характерні компетентності, які властиві учням-експериментаторам основної школи.

Для визначення компетентностей учня-експериментатора проаналізуємо спочатку тлумачення поняття «учень-експериментатор» за лінгвістичним довідниками. Так, у словнику іноземних мов [7, 799] експериментатор визначається як людина, що виконує наукові досліди, експерименти; відповідно до тлумачного словника української мови [8, 284] – це людина, яка робить спробу дослідити щось шляхом створення для цього певних умов; яка намагається здійснити щось певним способом; яка здійснює спостереження з певною метою досліджуваного явища у

спеціально створених та точно врахованих умовах, що дозволяють слідкувати за ходом явища та відтворювати його кожного разу при повторенні цих умов. Таким чином, експериментатор – це людина обізнана, досвідчена в експериментаторській діяльності. Для визначення кола питань, з яких експериментатор має знання, досвід, вміння, тобто для виявлення його компетентностей, проаналізуємо характеристики відомих вчених різних часів та сучасних науковців.

Відповідно, звернемось до цитат відомих вчених-фізиків XVI–XX століття та до спогадів про них видатних людей. Так, Г. Галілей [2, 60] наступним чином розповідав про можливість створення підзорної труби: «... **У першу ж ніч після мого повернення я її (задачу) розв'язав, а наступного дня виготовив прилад** ... В той же час я приступив до виготовлення іншого, більш досконалого приладу...». В. Вівіані [2, 40] у своїх спогадах так характеризував роботу Г. Галілея: «... Галілей **цілком віддався міркуванням**, ... ним була показана завдяки дослідам, вагомим доказам та міркуванням хибність багатьох умовиводів Аристотеля ...». Б. Паскаль [2, 126] скромно писав про створення ним арифметичної машини: «**Я не економив ні часу, ні праці, ні коштів**, щоб довести її до стану бути корисною ...». За цими словами стоять 5 років напруженої праці, яка привела до створення машини. О. Шаргей (Ю. Кондратюк) [6, 142] зізнавався у листі до К.Е. Цюлковського: «Над питанням міжпланетних сполучень **я працюю вже 12 років**. З 16-річного віку, відтоді, як я визначив здійснимість вильоту з Землі, досягнення цього стало метою мого життя». К.Е. Цюлковський [6, 148] згадував про роки своєї праці таким чином: «**Сорок років я працював над реактивним двигуном...**». У ювілейній статті [9, 17–18], присвяченій В.Л. Гінзбургу, є такі слова: «...здається неймовірним, як одна людина може вправлятися з таким навантаженням. Більш того, складається враження, що все це дається легко і нібито граючись (хоча ... розумієш, що на поверхню виступає лише підсумок поєднання напруженої праці, величезної організованості та великого професійного досвіду...)». Мати С.П. Корольова [10] згадувала про свого сина: «Наші предки – українські козаки, і син мій успадкував від них ... вміння, дерзновенність, волю ... яка допомогла йому сягнути омріяної мети».

Таким чином, зазначені цитати свідчать про такі особисті якості вчених, як захоплення наукою, пристрасть до пошуку нового, наполегливість, працьовитість, віра у досягнення кінцевої мети.

Відомі й інші висловлювання вчених. Так, Г. Галілей [2, 50] говорив про І. Кеплера: «Я завжди цінував Кеплера за вільний ... та гострий розум...». Дружина Д.І. Менделєєва [5, 155] згадувала про свого чоловіка: «Він цікавився дуже різноманітними питаннями... – усі грані його твор-

чості пов'язані між собою, складаючи єдине ціле». К.І. Чуковський [11, 13–16] характеризував М.П. Бронштейна: «...Він був блискучим співрозмовником, ерудиція його здавалася неосяжною. Англійську, давньогрецьку, французьку літературу він знав так само добре, як і російську ... киплячий, життєрадісний, чаруючий розум ...». Професор В.А. Фабрикант [12, 13] згадував про С.І. Вавілова: «Приваблювала ... широта його знань, інтересів ... До нього дивовижно підходить дещо старовинний термін «природодослідник» – настільки органічно поєднувалася у нього багатогранність діяльності і досить глибокий, ґрунтовний аналіз будь-якого питання, кожної проблеми ... Більш того, його інтереси не обмежувалися колом наукових проблем, а поширювались далеко за їх межі ...».

Таким чином, експериментаторам властивий науковий світогляд, широка ерудиція та здібності до навчання.

Оригінальними є спогади вчених про свої відкриття. Так, І. Кеплер [2, 49] писав про одну зі своїх здогадок: «Я ніколи не зможу знайти слова, щоб виразити ... захоплення своїм відкриттям». Б. Паскаль [2, 102] згадував про відкриття ним циклоїди: «... Вона так часто з'являється перед очима кожного, що треба дивуватися тому, як не роздивилися її стародавні вчені...». У публікаціях Г. Галілей [2, 61] зазначав: «Тепер ми впевнено знаємо, що голландець – винахідник телескопа – був простим майстром, який виготовив звичайні окуляри... Я ж, керуючись вищезгаданою новиною, знайшов прилад шляхом міркувань». Ці висловлювання свідчать про те, що дослідники відзначалися любов'ю до своїх відкриттів, розумінням оригінальності обраного ними шляху, вмінням бачити незвичайне в оточуючому світі.

Вчені часто згадували своїх попередників та однодумців. Так, Д.І. Менделєєв [2, 48] писав: «Вирішальним моментом у розвитку моєї думки про періодичний закон я вважаю ... ідеї, які висловив італійський хімік С. Канніціаро. Його я і вважаю справжнім своїм попередником, оскільки встановлені ним маси дали мені необхідну точку опори». І. Ньютон [3, 48] так говорив про свої відкриття: «Якщо я і бачив далі, ніж інші, то тільки тому, що стояв на плечах гігантів». Г. Галілей [1, 48] розповідав у листі І. Кеплеру про своє бажання опублікувати аргументи на захист системи М. Коперника: «Я все ж таки відважився б виступити зі своїми міркуваннями, якщо було б більше таких людей, як Ви ... ». Бажання знайти однодумців висловлює і Б. Паскаль [1, 133] в одному з листів до П. Ферма: «Я і надалі хотів би мати нагоду ділитися з Вами своїми думками». Таким чином, для багатьох науковців характерним є те, що вони вдячні за свої знання попереднім дослідникам, їм властива потреба у спілкуванні з тими людьми, які здатні їх підтримати та зрозу-

міти. Завдяки своїм дослідженням науковці намагалися встановити істину. Так, І. Кеплер [1, 50], розмірковуючи про орбіту Сонця, писав: «Не припиняючи торкатися всіх місць оточуючого світу, я, нарешті, побачив яскраве світло істини». А. Ейнштейн [1, 73] писав про Г. Галілея: «Що стосується Галілея . . . не можна ставити під сумнів те, що він палко прагнув істини – більше, ніж хто інший». В одному з листів Б. Паскаль [1, 133] зазначав: «Як я бачу, істина одна і в Тулузі, і в Парижі».

Враховуючи вищесказане, приходимо до висновку про те, що найбільш характерними ознаками експериментаторів XVI–XX століття є захоплення наукою, пристрасть до пошуку нового, наполегливість, працьовитість, віра у досягнення кінцевої мети, науковий світогляд, широка ерудиція, здібності до навчання, любов до відкриттів, розуміння оригінальності свого шляху.

Розглянемо творчі та ділові якості, якими В.М. Шейко [13, 43] характеризує сучасних експериментаторів: наявність знань, що відповідають вимогам, зумовленим специфікою обраної діяльності (професійні знання); високий рівень внутрішнього прагнення до пізнання істини, увага до непізнаного та незрозумілого, високий інтерес до знань (допитливість); здатність до цілеспрямованого сприйняття об'єктивних властивостей досліджуваних явищ, предметів, процесів тощо (спостережливість); здатність до самостійних рішень, внутрішнє спонукання до нових форм діяльності (ініціативність); почуття нового; наявність внутрішніх причин - мотивів, ідей, що спонукають науковця до дослідження; ставлення науковця до праці як до чогось важливого для нього, привабливого (зацікавленість у справі); своєчасне і якісне виконання роботи (пунктуальність, ретельність); здатність брати на себе обов'язок відповідати за певну ділянку роботи, справу, за свої або чийсь вчинки (відповідальність і надійність); здатність до упорядкування, узгодження, вдосконалення як своєї діяльності, так і діяльності інших людей для досягнення певної мети або виконання завдання, уміння організувати свою роботу та роботу інших (організаторські здібності); уміння налагоджувати зв'язки з різними за віком, характером та посадою людьми (комунікабельність); людяність, повага до інших людей (доброзичливість).

Таким чином, аналіз характеристик сучасних науковців та відомих вчених-фізиків XVI–XX століття дозволив визначити наступні спільні їх ознаки: відповідальність, організаторські здібності, комунікабельність, вміння проводити пошук інформації та здійснювати її аналіз, вміння планувати та прогнозувати свою діяльність, вміння працювати самостійно та самовдосконалюватись. Відповідно, можна зробити **висновок**: для учнів-експериментаторів основної школи характерні інформаційна, спеціальна, інтелектуальна, емоційна, особистісна, соціальна, загально-

культурна компетентності. Зазначені компетентності учнів основної школи потребують врахування при розробці дидактичної системи, спрямованої на формування експериментаторських вмінь учнів основної школи.

Література

1. Генов-Стешенко О. В. Дидактичні аспекти використання інформаційно-комунікаційних технологій у навчальному процесі з фізики / Генов-Стешенко О. В. // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету. Серія: педагогічні науки. – 2006. – Вип. 12. – С. 260-263.
2. Гиндикин С. Г. Рассказы о физиках и математиках / Гиндикин С. Г. – 2-е изд. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 192 с. – (Библиотечка «Квант». Вып. 14)
3. Гладышева Н. К. Формирование у учащихся умений и навыков работать с измерительными приборами / Гладышева Н. К., Объедков Е. С. // Физика в школе. – 1979. – №5. – С. 42-47.
4. Концепція загальної середньої освіти (12-річна школа) // Педагогічна газета. – 2002. – №1. – С. 4-6.
5. Менделеева А. И. Менделеев в жизни / Менделеева А. И. – М., 1968.
6. Нетрадиційні уроки фізики. Частина 1. 7–9 клас / Упорядкування В. Р. Шарамової, З. В. Дубаса). – Тернопіль : Підручники і посібники, 2003. – 160 с.
7. Словарь иностранных слов / Под ред. Лехина И. В., Петрова Ф. Н. – М., 1954.
8. Тлумачний словник української мови : понад 12500 статей (близко 40000 слів) / За ред. д-ра філологічних наук, проф. В. С. Калашника. – Х. : Прапор, 2004. – 992 с.
9. Чеботарев В. Л. Виталий Лазаревич Гинзбург / Чеботарев В. Л. // Физика в школе. – 1987. – №1. – С.17-18.
10. Шаров І. Корольов Сергій Павлович // 100 видатних імен України. – К., 1999. – С. 181-184.
11. Чеботарев В. Л. Матвей Петрович Бронштейн / Чеботарев В. Л. // Физика в школе. – 1991. – №2. – С. 13-16.
12. Чеботарев В. Л. Мысли и воспоминания о Сергее Ивановиче Вавилове / Чеботарев В. Л. // Физика в школе. – 1991. – №1. – С.13-15.
13. Шейко В. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності : підручник / Шейко В. М., Кушнарченко Н. М. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К. : Знання-Прес, 2002. – 295 с.

ВИКОРИСТАННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІН ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ЦИКЛУ

Н.Г. Камінська, Л.В. Кравцова, Г.В. Пуляєва
м. Херсон, Херсонський державний морський інститут
limonova@ukr.net

Підготовка фахівця будь-якого профілю має забезпечити їх конкурентну спроможність на ринку праці. Навчання у кожному вищому навчальному закладі, зокрема в Херсонському морському інституті, включає значний об'єм природничо-наукових знань, формування яких здійснюється при вивченні блоку фундаментальних дисциплін. Але для вчорашніх школярів, які звикли на уроках математики, фізики та інших предметах мати справу з окремими простими об'єктами, засвоювати одночасно декілька тем з різних фундаментальних дисциплін досить важко. Якщо врахувати, що рівень підготовки в багатьох школах залишає бажати кращого, зрозуміло, що для більшості першокурсників навіть перша тема курсу вищої математики стає проблемою, яка в наступних темах тільки посилюється. Крім того, студенти не завжди вміють вільно оперувати одержаними знаннями при вивченні інших розділів даної дисципліни чи інших природничо-наукових дисциплін. Допомогти студенту у вирішенні цієї проблеми може комплексний підхід до навчання, ціллю якого буде підвищення ефективності засвоєння матеріалу, яку забезпечить логічна взаємодія фундаментальних дисциплін.

Вміння виконувати складні розрахунки є важливим для подальшого вивчення багатьох технічних дисциплін, таких як «Фізика» [6], «Теоретична механіка», «Електротехніка» [5], «Теорія механізмів та деталі машин» та ін. Крім того, велика кількість задач, які розглядаються у відповідних курсах, потребує знання деяких розділів математики, таких як матрична алгебра, диференціювання та інтегрування, тощо.

Тому використання міжпредметних зв'язків при вивченні дисциплін не тільки методично обґрунтовано, але і сприяє систематизації знань, які отримані студентами під час навчання.

У якості прикладу розглянемо одну з перших, але дуже важливих тем курсу «Вища математика», а саме – «Матрична алгебра». Відомо, що кожна задача спочатку задається її змістом, тобто текстом. Щоб відповісти на всі питання, які поставлені умовами задачі, треба скласти відповідну математичну модель у вигляді сукупності формул. Далі визначимо, до якого класу належить ця модель. Чи це нелінійне рівняння, чи система рівнянь, чи будь-який інший математичний об'єкт. Широке коло фізичних задач має своєю математичною моделлю саме матрицю

або систему рівнянь у матричній формі. Якщо розмірність системи невеличка, її розв'язок можна провести «на папірці». Але розв'язання системи четвертого порядку потребує значної кількості дій, які займають багато часу та відволікають увагу, тому втрачається фізичний сенс задачі. До того ж підвищується імовірність помилки при проведенні розрахунків.

Важко уявити собі сучасного фахівця, який не має комп'ютера чи ноутбуку. Але не кожний користувач здатен максимально використовувати можливості інформаційних технологій. Вміння виконувати різноманітні розрахунки за допомогою сучасних засобів є однією із складових на шляху підвищення якості навчання та взагалі підготовки фахівця. Тому потрібно, наскільки це можливо, при викладанні тієї чи іншої дисципліни орієнтувати курсанта в даному напрямку.

Метою даної роботи є розробка методики проведення складних розрахунків за допомогою електронних таблиць на прикладі задач з курсу фізики та електротехніки.

Продемонструємо на прикладах, як ефективно поєднати вивчення фізики, спеціальних технічних дисциплін, методів математики та можливостей сучасних інформаційних технологій.

Постановка задачі №1.

Встановити розподіл струменів у колі, якщо електрорушійні сили $E_1=12$ В, $E_2=8$ В, опори $r_1=4$ Ом, $r_2=3$ Ом, $R_1=20$ Ом, $R_2=40$ Ом, $R_3=29$ Ом, $R_4=8$ Ом, $R_5=16$ Ом.

Оформимо її розв'язок так, як прийнято в фізиці.

Дано:
 $E_1 = 12$ В
 $E_2 = 8$ В
 $r_1 = 4$ Ом
 $r_2 = 3$ Ом
 $R_1 = 20$ Ом
 $R_2 = 40$ Ом
 $R_3 = 29$ Ом
 $R_4 = 8$ Ом
 $R_5 = 16$ Ом

 $I_1 - ?$
 $I_2 - ?$
 $I_3 - ?$
 $I_4 - ?$
 $I_5 - ?$

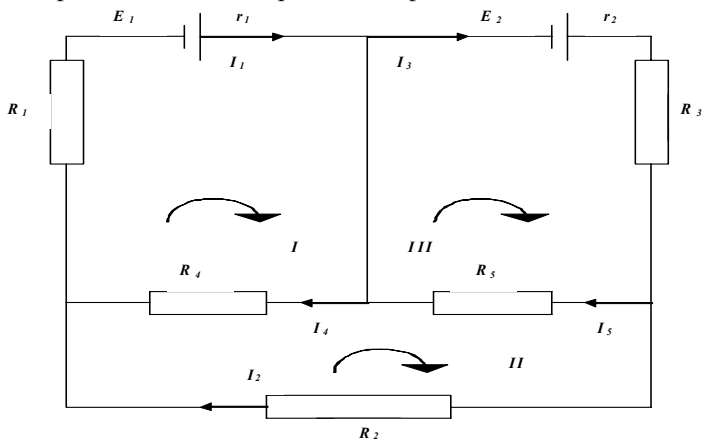


Рис. 1. Схема електричного кола

Ми пропонуємо наступну методику розв'язання цієї задачі.

Закони Кірхгофа відносяться до базових законів електротехніки, які

однозначно визначають співвідношення між ЕРС, струмами та напругами електричного кола. Аналіз електричних кіл за методом рівнянь Кірхгофа є основним в електротехніці. За допомогою даного метода можна розрахувати будь-яке електричне коло. Проте цей метод є громіздким для розгалужених кіл, тому що вимагає розв'язування системи рівнянь, порядок якої може бути достатньо великим.

Математична модель задачі. Згідно умов задачі, побудуємо математичну модель. Це означає, що, враховуючи закон Кірхгофа та деякі математичні положення, представимо алгоритм задачі та розрахункові формули [4; 7].

Розв'яжемо задачу методом контурів струмів. Знайдемо спочатку суми опорів окремих контурів:

$$\left. \begin{aligned} R_{11} &= R_1 + r_1 + R_4 = 32 \text{ Ом} \\ R_{22} &= R_2 + R_4 + R_5 = 64 \text{ Ом} \\ R_{33} &= R_5 + R_3 + r_2 = 48 \text{ Ом} \\ R_4 &= R_{12} = R_{21} = 8 \text{ Ом} \\ R_5 &= R_{23} = R_{32} = 16 \text{ Ом} \end{aligned} \right\} \text{ загальні для контурів}$$

Алгебраїчна сума ЕРС кожного контуру дорівнює алгебраїчній сумі двох добутків сили контурного струму в даному контурі на суму опорів усіх віток контуру і сил контурних струмів на опори їх спільних віток.

Отже:

$$\left\{ \begin{aligned} E_1 &= I_1 R_{11} + I_{11} R_{12} && \text{— для контуру I} \\ 0 &= I_{11} R_{22} - I_1 R_{21} - I_{11} R_{23} && \text{— для контуру II} \\ E_2 &= I_{11} R_{33} + I_{11} R_{32} && \text{— для контуру III} \end{aligned} \right.$$

Таким чином, математичною моделлю задачі є система трьох лінійних рівнянь з трьома невідомими I_1, I_{11}, I_{111} .

Підставимо значення за умовами задачі і отримаємо систему (1):

$$\left\{ \begin{aligned} 32 \cdot I_1 - 8 \cdot I_{11} &= 12 \\ 64 \cdot I_{11} - 8 \cdot I_1 - 16 \cdot I_{111} &= 0 \\ 48 \cdot I_{111} - 16 \cdot I_{11} &= 8 \end{aligned} \right. \quad (1)$$

З курсу математики відомо, що цю систему можна вирішувати різними методами: безпосередніми перетвореннями, методом Гауса, Крамера та іншими. При цьому об'єм розрахунків може бути настільки громіздким, що врешті решт втрачається фізичний зміст задачі. Однак якщо виконувати розрахунки за допомогою електронних таблиць ([1], [2]), можна уникнути цієї проблеми. Тому доцільніше використовувати матричний метод розв'язання систем, який дозволяє легко розв'язувати системи лінійних рівнянь вищих порядків. Наголосимо, що розділ «Матрична алгебра» обов'язково викладається курсантам першого курсу.

В матричній формі система лінійних рівнянь має вигляд: $\bar{A}x = \bar{b}$, де

A – матриця коефіцієнтів, \bar{x} – стовпчик невідомих, \bar{b} – стовпчик правої частини системи. Якщо матриця A – неособлива, тобто її визначник не дорівнює нулю, то існує обернена матриця A^{-1} така, що $A^{-1} \cdot A = A \cdot A^{-1} = E$, де E – одинична матриця. З курсу матричної алгебри відомо, що розв’язок системи $A\bar{x} = \bar{b}$ можна знайти за формулою $\bar{x} = A^{-1}\bar{b}$, тобто розв’язування системи за допомогою електронних таблиць зводиться до знаходження оберненої матриці та добутку її на стовпчик правої частини системи \bar{b} .

Реалізація задачі в електронних таблицях. Застосуємо вище наведений алгоритм для розв’язання даної задачі [2; 3].

Спочатку внесемо коефіцієнти системи до таблиці.

Крок 1. Згідно алгоритму, знайдемо обернену матрицю A^{-1} за допомогою вбудованої математичної функції МОБР. Для цього треба виділити діапазон, в якому буде розташована обернена матриця, відкрити Майстер функцій / Математичні / МОБР та внести діапазон матриці A .

Результат розрахунку є масив, тому перед тим, як натиснути кнопку ОК, треба утримувати комбінацію клавіш Ctrl+Shift.

Зауважимо, що знаходження елементів оберненої матриці аналітичними методами є дуже довгим та складним процесом навіть у випадку, коли розмірність матриці A дорівнює 3×3 .

Крок 2. Знайдемо добуток оберненої матриці A^{-1} на стовпчик правої частини системи \bar{b} за допомогою вбудованої математичної функції МУМНОЖ. Для виконання цього кроку треба виділити діапазон оберненої матриці A^{-1} , вільного стовпчику та натиснути кнопку ОК.

Оскільки результат розрахунку є стовпчик значень, тобто масив, то знову перед тим, як натиснути кнопку ОК, треба утримувати комбінацію клавіш Ctrl + Shift.

Результати розрахунків зображені на рис. 2.

Отже, розв’язки системи $I_1 = 0,4$; $I_{11} = I_2 = 0,1$, $I_{111} = I_3 = 0,2$.

За умовами задачі, треба також знайти значення I_4 та I_5 за формулами

$$I_4 = I_1 - I_2 = 0,4 \text{ А} - 0,1 \text{ А} = 0,3 \text{ А};$$

$$I_5 = I_3 - I_2 = 0,2 \text{ А} - 0,1 \text{ А} = 0,1 \text{ А}.$$

Відповідь: $I_1 = 0,4 \text{ А}$; $I_2 = 0,1 \text{ А}$; $I_3 = 0,2 \text{ А}$; $I_4 = 0,3 \text{ А}$; $I_5 = 0,1 \text{ А}$.

Звернемо увагу, що для розв’язання задачі потрібно було використати лише дві вбудовані функції, що є зовсім нескладним процесом. Тепер для розв’язання аналогічної задачі тієї ж розмірності варто лише змінити початкові дані та виписати зі стовпця \bar{x} результат.

Використаємо зазначений алгоритм для розв’язання більш складної

задачі з тієї ж теми, але з урахуванням того, що її математичною моделлю є система шести лінійних рівнянь з шістьма невідомими.

	А	В	С	Д
	Коефіцієнти системи			стовпчик правої частини \bar{b}
1				
2	32	-8	0	12
3	-8	64	-16	0
4	0	-16	48	8
5				
	Обернена матриця			елементи вектору \bar{x}
6				
7	0,032353	0,004412	0,001471	0,4
8	0,004412	0,017647	0,005882	0,1
9	0,001471	0,005882	0,022794	0,2

Рис. 2. Початкові дані та розв'язок системи (1)

Постановка задачі №2.

Обчислити струми, які проходять через кожне розгалуження електричного кола, зображено на малюнку, якщо $E_1=6,5$ В, $E_2=3,9$ В, $r_1=r_2=r_3=r_4=r_5=r_6=10$ Ом. Внутрішніми опорами джерел ЕРС знехтувати. Струми та їх напрямки вказано на рис. 3.

Дано:

$$E_1 = 6,5 \text{ В}$$

$$E_2 = 3,9 \text{ В}$$

$$r_1=r_2=r_3=r_4=r_5=r_6=10 \text{ Ом}$$

$$I_1 - ?$$

$$I_2 - ?$$

$$I_3 - ?$$

$$I_4 - ?$$

$$I_5 - ?$$

$$I_6 - ?$$

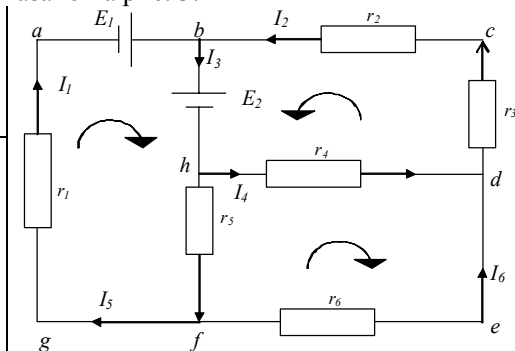


Рис. 3. Схема електричного кола

Математична модель задачі. Згідно законів Кірхгофа, отримаємо систему рівнянь (2), використавши наступні правила:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \text{ - для вузла } b$$

$$I_3 - I_4 - I_5 = 0 \text{ - для вузла } h$$

$$I_5 - I_1 - I_6 = 0 \text{ - для вузла } f$$

$$I_1 \cdot r_1 + I_5 \cdot r_5 = E_1 - E_2 \text{ - для контуру } abfg$$

$$I_2 \cdot (r_2 + r_3) + I_4 \cdot r_4 = -E_2 \text{ - для контуру } bcdh$$

$$I_4 \cdot r_4 - I_6 \cdot r_6 - I_5 \cdot r_5 = 0 \text{ – для контуру } hdef$$

Або

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ I_3 - I_4 - I_5 = 0 \\ I_5 - I_1 - I_6 = 0 \\ I_1 \cdot R + I_5 \cdot r_5 = E_1 - E_2 \\ I_2 \cdot 2R + I_4 \cdot R = -E_2 \\ I_4 \cdot R - I_6 \cdot r_6 - I_5 \cdot r_5 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

де невідомими є $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6$. Очевидно, математична модель задачі є система лінійних рівнянь. Оскільки розмірність системи достатньо велика (6×6), то її розв'язання звичайними математичними методами є занадто складним і займають багато часу. Але за допомогою електронних таблиць це вже не є проблемою.

Реалізація задачі в електронних таблицях. Внесемо в комірки таблиці коефіцієнти системи.

Вище було зазначено, що в матричній формі система лінійних рівнянь має вигляд: $A\bar{x} = \bar{b}$, тому розв'язок системи можна знайти за формулою $\bar{x} = A^{-1}\bar{b}$, тобто на першому кроці отримуємо обернену матрицю A^{-1} . Процес знаходження оберненої матриці був розглянутий вище.

Другий крок – отримання розв'язку системи за допомогою вбудованої математичної функції МУМНОЖ, яка також була використана в попередній задачі.

Результати розрахунків зображені на рис. 4.

G9		fx {=МУМНОЖ(A9:F14;G2:G7)}					
	A	B	C	D	E	F	G
1	I1	I2	I3	I4	I5	I6	B
2	1	1	-1	0	0	0	0
3	0	0	1	-1	-1	0	0
4	-1	0	0	0	1	-1	0
5	0	20	0	10	0	0	-3,9
6	0	0	0	10	-10	-10	0
7	10	0	0	0	10	0	2,6
8	Елементи оберненої матриці						Розв'язок системи
9	0,153846	0,153846	-0,23077	-0,00769	0,023077	0,061538	0,19
10	0,230769	0,230769	0,153846	0,038462	-0,01538	-0,00769	-0,17
11	-0,61538	0,384615	-0,07692	0,030769	0,007692	0,053846	0,02
12	-0,46154	-0,46154	-0,30769	0,023077	0,030769	0,015385	-0,05
13	-0,15385	-0,15385	0,230769	0,007692	-0,02308	0,038462	0,07
14	-0,30769	-0,30769	-0,53846	0,015385	-0,04615	-0,02308	-0,12

Рис. 4. Початкові дані та розв'язок системи (2)

Розв'язками даної системи будуть елементи останнього стовпчика: $I_1=0,19$ А; $I_2=-0,17$ А; $I_3=0,02$ А; $I_4=-0,05$ А; $I_5=0,07$ А; $I_6=-0,12$ А.

Висновок. Основна мета освіти – отримання якісних теоретичних знань та практичних навичок, тому необхідно на всіх етапах навчального процесу постійно впроваджувати нові методики, що базуються на інформаційних технологіях.

Запропонована методика використання електронних таблиць, поперше, акцентує увагу курсанта на сутність виучуваної дисципліни, подруге, значно полегшує розв'язання фізичних задач та чітко демонструє необхідність врахування міжпредметних зв'язків у підготовці майбутнього фахівця.

Література

1. Кравчук С. О. Основи комп'ютерної техніки : Компоненти, системи, мережі : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Кравчук С. О. – К. : Політехніка ; Каравела, 2005. – 344 с.
2. Інформатика. Комп'ютерна техніка. Комп'ютерні технології : підручник. – К. : Каравела, 2004. – 464 с.
3. Бородкіна І. Л. Практичний курс з комп'ютерних технологій підготовки даних : навчальний посібник / Бородкіна І. Л., Матвієнко О. В. – К. : Центр навчальної літератури, 2004. – 448 с.
4. Лопатко О. В. Математичні методи в розрахунках на ЕОМ : навчальний посібник / Лопатко О. В. – Львів : Магнолія плюс, 2005. – 200 с.
5. Зисман Г. А. Курс общей физики / Зисман Г.А., Тодес О.М. – М. : Наука, 1974. – Т. 2. Электричество и магнетизм. – 352 с.
6. Кучерук І. М. Загальний курс фізики. У 3-х т. : навч. посіб. для студентів вищ. техн. і пед. закл. освіти / Кучерук І. М., Горбачук І. Т. ; за ред. І. М. Кучерука. – К. : Техніка, 1999.
7. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики / Волькенштейн В. С. – М. : Наука, 1985. – 384 с.

НЕДОЛІКИ ТРАДИЦІЙНОЇ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ

О.А. Коновал

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
konovaloa@gmail.com

Аналіз програм та навчальних посібників з електродинаміки для вищої школи свідчать, що існують, в основному, дві методичні системи навчання класичної електродинаміки – традиційна та на основі принципу найменшої дії.

При вивченні електродинаміки за традиційною методикою використовується індуктивний метод. В основу вивчення електродинаміки за такою методикою, покладені фундаментальні експериментальні закони – закон Кулона, закон Біо-Савара, формула Ампера-Грассмана, закон електромагнітної індукції, закон збереження заряду (див. рис. 1). При цьому вважається, що ці закони незалежні один від одного і фундаментальні (тобто одержані експериментальним шляхом і не являються наслідками інших положень та законів) [2].

В методиці, яка ґрунтується на принципі найменшої дії (ПНД) на основі загальних фізичних положень конструюється (або навіть постулюється) функція дії S для системи, що складається з електромагнітного поля й заряджених частинок у цьому полі, і з її допомогою та ПНД одержують потім рівняння руху зарядженої частинки та рівняння електромагнітного поля (рівняння Максвелла) [1; 2].

В умовах модернізації, що відбувається у системі вищої та середньої освіти, все частіше наголошується на пріоритетному засвоєнні фундаментальних знань. Однак у педагогіці немає єдиного розуміння фундаментальності освіти чи окремих її елементів. Хоча дискусії з цієї проблеми ведуться досить давно, дотепер це поняття тлумачиться досить суперечливо. Одні вчені розуміють фундаментальність дуже широко, вважаючи, що будь-яка освіта повинна бути фундаментальною. Інші – досить вузько, вважаючи фундаментальність антиподом професійної чи прикладної спрямованості навчання [3].

Так у дослідженні [4, 33-40] проведений ґрунтовний аналіз змісту понять «фундаментальний» і «фундаменталізація освіти», які широко використовуються в науково-методичній літературі.

В рамках зіставного аналізу методик навчання електродинаміки у ВНЗ, згідно з А. Ейнштейном, фундаментальним будемо називати закон, принцип, дослідний факт, який він не впливає як логічний наслідок з інших положень (фізичних принципів, експериментів) [2; 6].

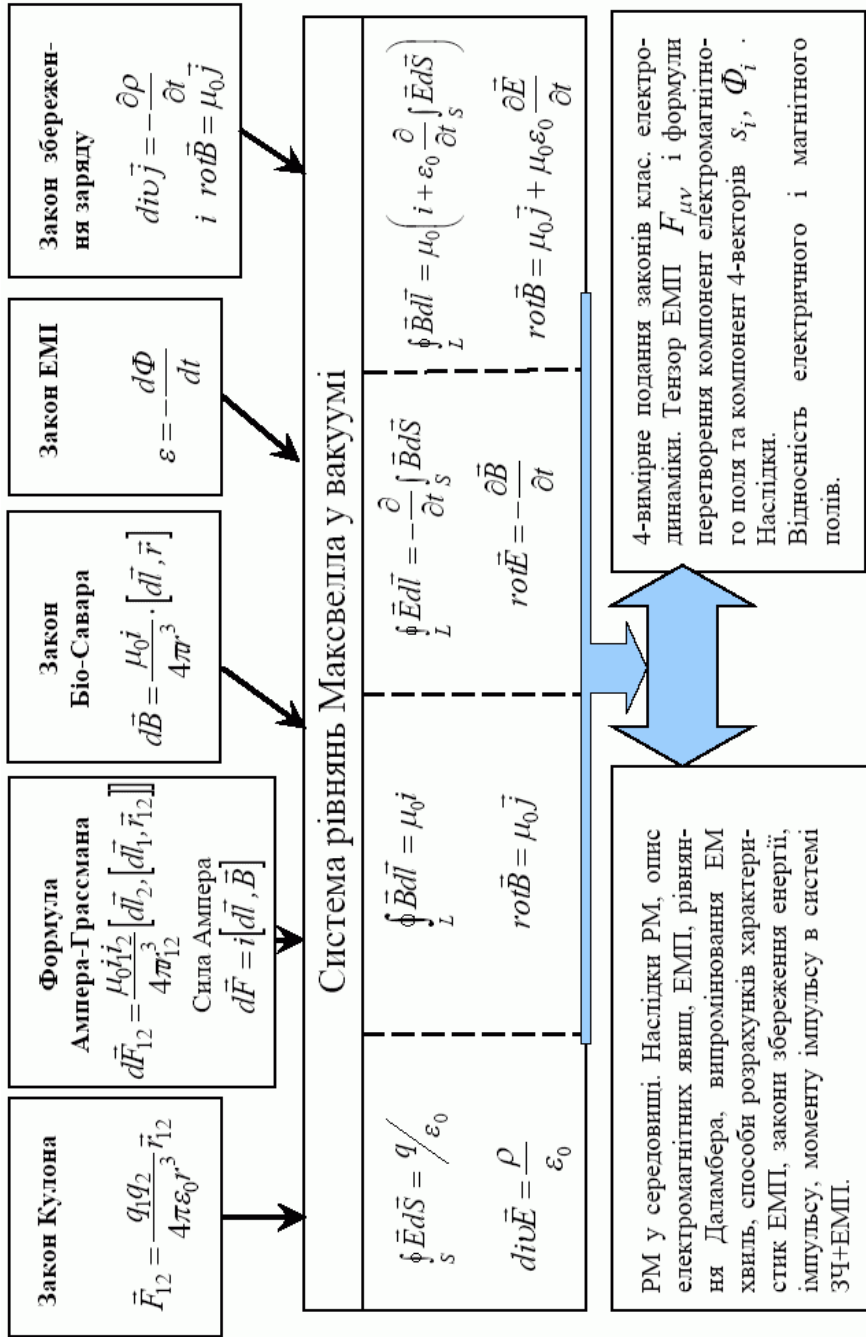


Рис. 1. Структура навчання класичної та релятивістської електродинаміки за традиційною методикою

Звернемо увагу на ряд суперечностей, які пов'язані з інтерпретацією та застосуванням закону Біо-Савара

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot i \cdot \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}. \quad (1)$$

Незважаючи на розуміння того, що закон (1) принципово недоступний дослідній перевірці, закон Біо-Савара у переважній більшості сучасних навчально-методичних посібниках тлумачиться як експериментальний закон.

Але аналіз суті цього закону та історичних джерел свідчать про некоректність такого підходу при вивченні та інтерпретації співвідношення (1) [2].

По-друге, наші дослідження показали, що в деяких випадках застосування закону (1) приводить до результатів, що суперечать основним положенням релятивістської електродинаміки [2].

Припустимо, що всі носії заряду (наприклад, електрони в металевому провіднику), які реалізують елемент струму $i d\vec{l} = -q \vec{v} N$ рухаються з однаковою швидкістю \vec{v} . Тоді із (1) та принципу суперпозиції випливає, що вираз для індукції магнітного поля (МП), яке створюється однією рухомою зарядженою частинкою (ЗЧ) має вигляд [2; 5; 6]

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 q}{4\pi r^3} \cdot [\vec{v}, \vec{r}] = \mu_0 \varepsilon_0 \left[\vec{v}, \frac{q\vec{r}}{4\pi \varepsilon_0 r^3} \right] = \mu_0 \varepsilon_0 [\vec{v}, \vec{E}], \quad (2)$$

де $\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi \varepsilon_0 r^3}$ – напруженість електричного поля, що створюється (в нерелятивістському наближенні) рухомою ЗЧ у відповідній точці поля.

Позитивні методичні моменти такої інтерпретації закону Біо-Савара та вивчення відповідної теми детально описані в [2; 5; 6; 7].

Але, як це відмічалось у монографії [2], застосування виразу для індукції магнітного поля рухомої зарядженої частинки, $\vec{B} = \varepsilon_0 \mu_0 [\vec{v}, \vec{E}]$ (який може розглядатися як наслідок закону (1), де $\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi \varepsilon_0 r^3}$) та

$\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi \varepsilon_0 r^3}$ для аналізу однієї і тієї ж електродинамічної задачі приводить до висновків, що суперечать принципу відносності.

Дійсно, розглянемо уявний експеримент, схема якого зображена на рис. 2. Згідно з традиційною інтерпретацією явища ЕМІ, в контурі, внаслідок зміни за часом індукції магнітного поля в кожній точці плоскої поверхні, обмеженої контуром L (а значить і зміни магнітного потоку в часі), виникне ЕРС індукції.

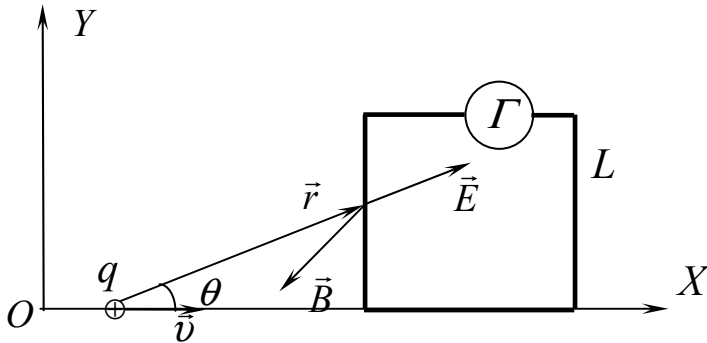


Рис. 2. Схема уявного експерименту по визначенню ЕРС індукції в контурі L . ЗЧ рухається з постійною швидкістю \vec{v} в площині контуру L .

Але такий висновок суперечить принципу відносності: при переході в систему відліку, яка зв'язана з ЗЧ, контур буде рухатися в центрально-симетричному кулонівському полі. Таке поле потенціальне, тому відсутні фізичні причини, які могли б породжувати ЕРС в контурі L .

Аналогічно, в задачі, яка зображена на рис. 3, використання класичного закону Біо-Савара (1) приводить до результату, що суперечить принципу відносності.

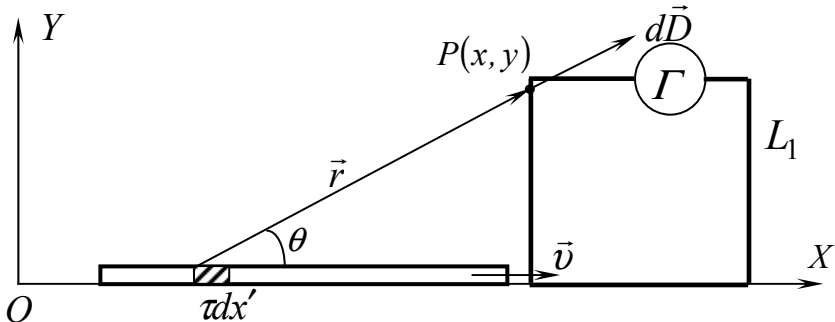


Рис. 3. При русі зарядженої нитки зі швидкістю \vec{v} в контурі L_1 ЕРС відсутня

Згідно з законом Біо-Савара (1) та традиційною інтерпретацією явища електромагнітної індукції (ЕМІ), в контурі L_1 (див. задачі, які показані на рис. 4 та рис. 5) слід чекати появу певної ЕРС індукції. Такий висновок впливає із наступних міркувань.

Кожний із електронів провідності, який рухається з дрейфовою швидкістю в провідниках електричного кола створює в кожній точці плоскої поверхні, обмеженої контуром L_1 , змінне магнітне поле. Це

змінне магнітне поле в свою чергу в кожній точці поверхні породжує вихрове електричне поле ($rot\vec{E} \neq 0$). Інтегральний ефект повинен проявитися у виникненні індукційного струму в контурі L_1 . Але досліди показують, що ЕРС в контурі L_1 не виникає.

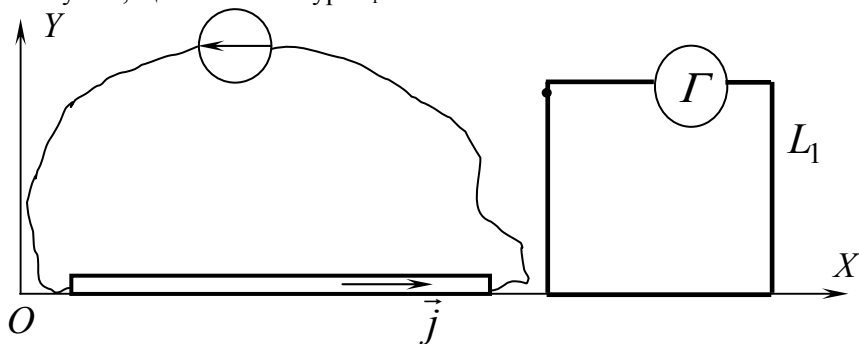


Рис. 4. В дротяному в контурі L_1 , який знаходиться в околі нескінченно довгого провідника з постійним струмом, ЕРС відсутня

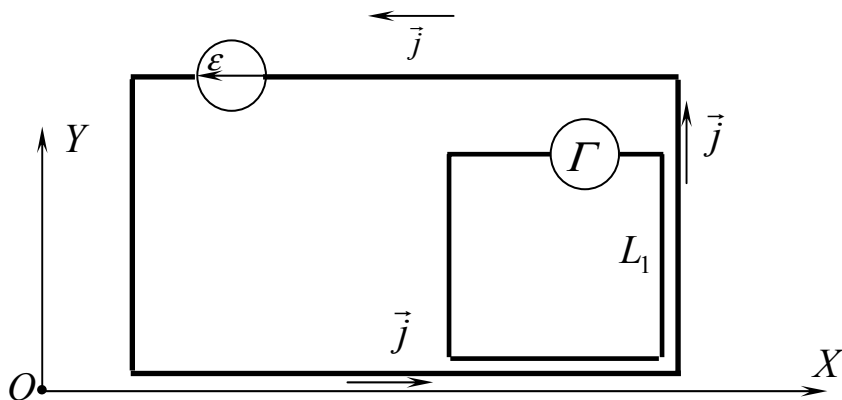


Рис. 5. В дротяному в контурі L_1 , який знаходиться поряд з колом постійного струму, ЕРС відсутня

Значить, застосування закону (1) й його еквіваленту – виразу для індукції МП, яке породжується окремою рухомою ЗЧ – $\vec{B}_1 = \epsilon_0 \mu_0 [\vec{v}, \vec{E}] = \frac{\mu_0 q \cdot [\vec{v}, \vec{r}]}{4\pi r^3}$ в подібних задачах дає результат, що суперечить фізичній реальності.

Таким чином, будь-яке сумісне використання названих формул (або

сумісне застосування класичного закону Біо-Савара $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i \cdot [d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}$ і

виразу для напруженості електричного поля $\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$) приводить до

принципових помилок.

Таким чином, традиційна методика вивчення електродинаміки, яка оснований, зокрема і, на класичному законі Біо-Савара неспроможна пояснити відсутність ЕРС в контурах на рисунках 2, 3, 4, 5.

В той же час у стандартних посібниках та в науково-методичних публікаціях ці дві формули використовуються разом, що є грубою фізичною помилкою.

Більш детальний аналіз традиційної методики навчання електродинаміки [2] приводить до наступних висновків.

1. Так, навчання електродинаміки у педагогічних ВНЗ, в основному, носить електротехнічний характер і зовсім не базується на принципах спеціальної теорії відносності. Спостерігається деяку відчуженість змісту електродинаміки, як навчальної дисципліни, від релятивістської фізики.

2. Не знаходить також адекватного відображення при навчанні електродинаміки характерна тенденція розвитку сучасної фізики: спираючись на невелике число основних принципів пояснити всю сукупність фізичних явищ та законів цього розділу фізики. При вивченні електродинаміки не реалізований принцип фундаменталізації.

3. Закон ЕМІ потребує такого узагальнення, щоб локальна форма його відображала дві фізичні причини, які лежать в основі явища ЕМІ.

4. Закон Біо-Савара $d\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^3} \cdot [d\vec{l}, \vec{r}]$ та закон Кулона $\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$,

які в навчально-методичній літературі часто застосовуються разом, несумісні між собою. Використання їх одночасно при аналізі електромагнітних явищ приводить до принципових хибних висновків і суперечностей.

5. Закони Біо-Савара, Ампера-Грассмана самі потребують обґрунтування, оскільки суто експериментальними вони не являються.

6. Обґрунтування рівняння Максвелла $\text{rot}\vec{B} = \mu_0 \vec{j}$ як в традиційній методиці вивчення електродинаміки, так і методиці оснований на ПНД, формальне і непереконливе.

7. В структурі викладання класичної електродинаміки за традиційною методикою відсутнє фізичне пояснення явища виникнення МП постійних та квазістаціонарних струмів. Дійсно, в посібниках з електроди-

наміки як для вищої школи так і для СНЗ взагалі не обговорюється питання про механізм виникнення МП постійних струмів.

Обговорення та фізичне пояснення зводиться до словосполучень типу «електричний струм супроводжується магнітним полем», «з рухом заряджених частинок зв'язане магнітне поле», «навколо рухомих зарядів (струмів) існує магнітне поле».

8. В той же час традиційний спосіб обґрунтування рівнянь Максвелла переобтяжений великою кількістю «незалежних фундаментальних експериментальних фактів».

Тому пошук оптимальної методики обґрунтування рівнянь Максвелла й методики вивчення електродинаміки є актуальною науково-методичною проблемою.

Очевидно – необхідна зміна догматичної методики навчання електродинаміки.

Література

1. Ландау Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1973. – 504 с.

2. Коновал О. А. Теоретичні та методичні основи вивчення електродинаміки на засадах теорії відносності : монографія / О. А. Коновал ; МОН України ; КДПУ. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. – 346 с. : іл.

3. Тестов В. А. Фундаментальность образования: современные подходы / В. А. Тестов // Педагогика : научно-теоретический журнал. – 2006. – №4. – С. 3-9.

4. Семеріков С. О. Теоретико-методичні основи фундаменталізації навчання інформатичних дисциплін у вищих навчальних закладах : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / С. О. Семеріков ; НПУ ім. М.П. Драгоманова. – К., 2009. – 522 с.

5. Коновал О. А. Відносність електричного і магнітного полів : монографічний навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / О. А. Коновал ; МОН України ; КДПУ. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2008. – 248 с.

6. Коновал О. А. Основи електродинаміки : навч. посіб для студ. вищ. пед. навч. закл. / О. А. Коновал ; МОН України ; КДПУ. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2008. – 347 с. : іл.

7. Коновал О. А. Зауваження щодо змісту закону Біо-Савара-Лапласа та вивчення його в ортодоксальних методиках / О. А. Коновал, А. В. Касперський // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського національного університету. – Серія педагогічна : «Управління якістю підготовки майбутніх учителів фізики та трудового навчання». – Вип. 15. – Кам'янець-Подільський : К-ПДПУ, ІВВ, 2009. – С. 138–140.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В ХАРЬКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ)

Е.Г. Копанец, Г.Н. Подус, С.О. Даньшева
г. Харьков, Харьковский государственный технический университет
строительства и архитектуры
svt525@rumbler.ru

В современных условиях развития общества, глобализации экономики и совершенствования технологий производства к подготовке инженеров предъявляются новые требования. Работодатели наряду с профессиональными знаниями и умениями сегодня также высоко оценивают наличие у специалиста способностей творческого подхода к решению производственных задач, умения постоянно учиться и адаптироваться к переменам. Поэтому подготовка современного инженера – задача инновационного вуза. Вуза, который в планировании и реализации своей образовательной деятельности ориентируется на передачу способов и методов инженерной деятельности, постановку инженерного мышления, проектирование новых инновационных технологий организации инженерной деятельности по всем типам образовательных программ (развивает у студентов способность ставить и решать инженерные задачи, производить инновации и осваивать новые технологии их потребления).

Исходя из изложенных требований, наиболее перспективными в плане повышения эффективности инженерно-технического образования становятся механизмы интеграции инженерного образования с фундаментальной наукой и производством, в которых на первое место поставлены наука, техника, технология, а подготовка студентов базируется на включении их в исследования, проектные и учебно-технологические разработки.

Одной из значимых составляющих фундаментальной подготовки студентов технических вузов является физика. Физика, как наука о природе, не только обеспечивают технологический прогресс, но и формируют менталитет инженера, особый тип рационального мышления. Критически-аналитическая рациональность, свойственная естественнонаучному знанию, важна для мировоззренческой ориентации современного инженера. Она приучает инженера к относительности систем отсчета и

суждений, к уяснению ограниченности и модельности наших представлений о мире, к новым представлениям об объективности научного знания, к пониманию альтернативности как природных, так и социальных феноменов. Инженеру необходимо систематическое знакомство с методами физического моделирования как специфической формой научного мышления и познания окружающего мира. Физическое моделирование приучает к анализу и учету условий функционирования объекта, к необходимости сопоставления теоретических построений с действительностью, к относительности области применения тех или иных моделей, а также к абстрагированию и формализации информации.

Сравнительный анализ требований к подготовке инженеров на современном этапе обучения студентов в техническом университете и существующего традиционного подхода к организации учебно-познавательного процесса, а также содержания курсов фундаментальных дисциплин (в том числе и курса физики) позволил выявить следующие противоречия:

- потребностью государства и общества в подготовке инженеров для работы в современных условиях и недостаточной разработанностью средств и методов системы подготовки инженеров как специалистов, отвечающих современным требованиям;

- существующим в теории и практике профессионального образования представлением о готовности студентов вуза к профессиональной деятельности и недостаточной разработанностью методики преподавания физики на современном этапе.

Преподавателями кафедры физики Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры (ХГТУСА) на протяжении многих лет проводятся теоретические исследования по разработке методики преподавания физики на основе ее интеграции с общеинженерными и специальными дисциплинами, практической апробации таких методик, а также отработки вопросов обновления содержания курса на основе современных достижений физической науки.

Наши теоретические исследования и многолетний практический опыт позволяют утверждать, что при традиционной системе образования доминирует чисто предметное, причем информационное, а не методологическое обучение физике; элементная, а не качественная взаимосвязь с профильными дисциплинами. В соответствии с существующими ОПП (содержание, которых основывается на программах 1991 года) практически невозможно обучить студентов осознанно использовать потенциал фундаментальных дисциплин для целостного решения профессиональных задач. Традиционный подход к изучению физики имеет существенные недостатки, связанные с неэффективностью управления

познавательной деятельностью студентов.

Кроме того, результат проведенных опросов дает нам основание утверждать, что большинство студентов при изучении физики слабо представляют ее связь с будущей профессиональной инженерной деятельностью. Поэтому у студентов отсутствует мотивация на решение профессиональных задач, что существенно снижает их заинтересованность в изучении курса физики. Наилучшей гарантией глубокого и прочного усвоения физики является заинтересованность студентов в приобретении знаний. Для поддержания интереса студентов к физике мы используем богатый и разнообразный материал ее специальных приложений.

Следует обратить внимание, что данная идея не является новой. Так, еще в середине XX А.Ф. Иоффе, уделяя огромное внимание проблеме подготовки молодых специалистов в Политехническом институте, выстроил четкую собственную концепцию преподавания курса физики в высшей технической школе, основные положения которой были им опубликованы еще в 1947 и 1951 гг. А.Ф. Иоффе был уверен, что физику нельзя считать только общеобразовательным предметом. Она должна обогащать и углублять специальное образование. По его мнению, для полноценного преподавания курса физики необходимо учитывать следующее:

- связь научно-исследовательской тематики кафедры физики со спецификой вуза, что привлечет к ней интерес технических кафедр и обеспечит приток аспирантов и оборудования;

- курс и учебник физики приспособить к профилю вуза или специальностей; согласовывать материал с техническими кафедрами, удовлетворять их запросы, но и давать знания по всем разделам физики, тем более актуальным в данный момент;

- кроме общего курса физики должны быть и спецкурсы, согласованные с задачами втуза; лекционный курс (порядка 120 ч.) необходимо удвоить.

С учетом такого подхода к организации курса физики нами разработана новая рабочая программа. Ее приоритетами являются:

- изучение основных физических явлений; овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями классической и современной физики на основе их практического применения на реальных технических примерах, а также методами физического исследования;

- овладение приемами и методами решения конкретных профилированных задач;

- ознакомление с современной научной аппаратурой, формирование навыков проведения физического эксперимента, умения выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей дея-

тельности.

Приведем пример ознакомления студентов с материалом специальных приложений по теме: «Энергетика: новая эпоха».

Изучение этой темы актуально при подготовке в высших учебных заведениях специалистов разных направлений. Например, в некоторых вузах России, читается специальный курс «Альтернативные источники энергии», предназначенный для студентов специальности 230100 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (автомобильный транспорт)». С нашей точки зрения студентам строительных специальностей не менее важно владеть проблемами современного тепло и энергоснабжения, поскольку перспективы развития строительной индустрии ближайшего будущего – предусматривает использование солнечной энергии и тепловой (геотермальной энергии земли, ветра). В первую очередь речь идет о применении такой строительной технологии, как «Пассивный дом», характеризующейся низкими уровнем энергопотребления. Обязательными составляющими инженерного оборудования таких зданий являются тепловой насос, солнечные нагревательные системы и солнечные элементы. В таблице 1 сопоставлены названия технических тем («строительный» блок) и названия разделов физики, пользуясь материалом которых можно объяснить принцип действия тех или иных устройств, используемых для преобразования солнечной энергии и энергии окружающей среды в электрическую и тепловую энергию («физический» блок). В этой же таблице указаны номера информационного модуля, к которому относятся темы физических блоков.

Таблица 1

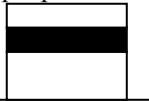
№	Строительный блок Разделы темы «Энергетика: новая эпоха»	Физический блок Раздел физики	Номер информационного модуля
1	Получение тепловой энергии за счет солнечной энергии.	Тепловое излучение. Распределение энергии в спектре черного тела.	5
2	Получение тепловой энергии за счет геотермальной энергии поверхностного слоя земли.	Законы термодинамики. Цикл Карно.	2
3	Получение электрической энергии за счет солнечной энергии.	Электрический ток. Свойства p - n -перехода в полупроводниках.	3

Как видно из таблицы, для того, чтобы обеспечить усвоение этого весьма обширного и сложного материала на достаточном уровне, учитывая, что он входит в три информационных модуля, изучение нужно

выносить или на самостоятельную работу или выделять для его изучения часы в рамках спецкурса «Избранные вопросы физики» (если таковой читается).

Остановимся на формах контроля усвоения материала по теме «Энергетика: новая эпоха» при вынесении его на самостоятельную работу. Студентам выдается список литературы, программа курса и тест-карта (таблица, в которой имеется перечень вопросов строительного блока). Студенты должны в тест-карте привести принципиальную схему устройства и физические законы и явления, используемые для его объяснения. Пример, используемых тест-карт приведен в таблице 2.

Таблица 2

№	Строительный блок	Принципиальная схема устройства	Физический блок
1	Плоский коллектор	<p>Прозрачное покрытие</p>  <p>пластина коллектора</p> <p>Изолирующее покрытие</p>	<p>Зачернена пластина увеличивает поглощение тепловой энергии. Стекло уменьшает теплообмен с поглощающей поверхностью, создавая так называемый парниковый эффект.</p>

Сроки сдачи отдельных разделов данной темы устанавливаются в соответствии с изучением того или иного информационного модуля по физике. Результирующая оценка определяется как средневзвешенная сумма результирующей оценки трех текущих контролей и увеличивает на 3–9 число набранных баллов за второй семестр.

Для того, чтобы облегчить работу студентов над этой темой нами подготовлены к изданию учебное пособие.

Следует обратить внимание, что на изучение всех тем специальных приложений в соответствии с рабочей программой отводится не более половины времени, предоставляемого учебными планами специальности, на курс физики в целом. Элементы профессиональной направленности будущей деятельности выпускника отражены так же в практических и лабораторных занятиях и в тематике самостоятельной работы.

Таким образом, для повышения качества преподавания и усвоения учебного материала по курсу физики в условиях существующей парадигмы образования необходимо устранить противоречия между фундаментальными идеями современной физики и исторически консервативным

содержанием традиционного курса общей физики. Содержание курса физики должно способствовать формированию у студентов представлений о современной физической картине мира. В этом случае физическое образование становится целостным, более того, дисциплины учебного плана оказываются объединенными общей методологией построения, ориентированной на междисциплинарные связи. Важно осознавать, что физика является фундаментальной наукой, а инженерно-технические - прикладными. Но их тесная генетическая взаимосвязь часто приводит к тому, что их перестают различать в организационном плане. В то же время, для достижения максимальной эффективности, каждой из них нужны различные, иногда даже противоположные, формы организации.

ПОНЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ ДЛЯ РАДІОЗВ'ЯЗКУ (ПРАВДА І ВИГАДКИ В ІСТОРИЧНІЙ ТА НАВЧАЛЬНІЙ ЛІТЕРАТУРІ)

Ю.Є. Крот

м. Харків, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури

Ось уже й радіо винайшли,
а щастя все немає

Ілля Ільф

Безпосереднім приводом для звернення автора даної публікації як викладача фізики до своїх колег-викладачів є підтримка деякими авторами навчальної літератури (серед них – і українськими авторами) поширеної в радянський період думки, що, так би мовити, «батьком радіо» був *російський* винахідник і фізик О.С. Попов, і повне ігнорування (або заниження) заслуг «неросійського» (в минулому – «нерадянського»), а *італійського* винахідника і фізика Г. Марконі. Роль кожного з них і аналізується в цій публікації.

В [1] наведено таку цитату: «Розвінчання підробок, містифікацій і просто помилкових поглядів – святий обов'язок кожного вченого». Там же – слова М. Лауе: «В історії науки питання пріоритету є сумнівною главою. Бувають випадки, коли відкриття “носяться в повітрі” і фактично робиться кількома людьми незалежно, бо розвиток науки приводить до нього. Відкриття потрібно датувати тим моментом часу, коли воно змогло вплинути на подальший розвиток». Один із фундаментів для міфів – псевдопатріотизм. В [2] наведено цитату з [3]: «Як свідчить досвід історіографічних досліджень науки, питання про “національне” – одне з найскладніших. Тут завжди існує можливість суджень за формулою “на голову вище”» («наше» порівняно з «ненашим»), Ю.К.).

Виходячи з «патріотичних» почуттів, в Росії завжди дуже *опікувалися* проблемою наукових пріоритетів (*будь-якою ціною*). Про цю тенденцію, яку від царської Росії успадкував Радянський Союз, писав А.Д. Сахаров [4] («батько водневої бомби», правозахисник і «правдозахисник», Нобелівський лауреат, хоча й не такий, як Н. Бор чи Л.Д. Ландау, а такий, як Барак Обама чи М.С. Горбачов). Він назвав *трагедією* намагання будь-що відшукувати «російські пріоритети» замість загальновищаних у світі. Але ж сам А.Д. Сахаров як редактор батьківського підручника [5] (а фактично й співавтор) залишив від попереднього видання незмінним таке, дуже «патріотичне», висловлювання: «Батьківщиною

радіотехніки є Росія. Щороку, в День радіо, наша країна відзначає знаменну дату 7 травня 1895 р. У цей день *великий* російський винахідник О.С. Попов повідомив наукову громадськість Петербурга про свої перші успіхи в *передаванні* (насправді – в *прийманні*, бо передавачем був вібратор *Герца*, Ю.К.) сигналів електромагнітними хвилями». (Про Нобелівського лауреата в галузі фізики Гульєльмо Марконі – жодної згадки, отака «правда», – може тому, що «не личить» авторам радянського підручника згадувати «друга Муссоліні»?).

Протягом багатьох десятиріч в Радянському Союзі і в країнах «соціалістичної орієнтації» Олександр Степанович Попов називався винахідником радіо, а день 7 травня (саме в цей день у 1895 р. О.С. Попов продемонстрував на засіданні Російського фізико-хімічного товариства, – РФХТ, – свої досягнення начебто в галузі бездротового зв'язку) мав назву «День радіо». Така назва була запроваджена Постановою Ради Народних Комісарів радянської держави і оголошена на урочистому засіданні, яке відбулось 7 травня 1945 р. (за 2 дні до дня Великої перемоги) у Москві на честь «50-річчя винайдення радіо О.С. Поповим». В цій Постанові говорилось: «В ознаменування винайдення радіо О.С. Поповим 7 травня 1895 р. оголосити сьоме травня Днем радіо, відмічаючи його *щорічно*» [6]. Так і було аж до розпаду Радянського Союзу, «світоча науки й культури».

Далі у цій публікації буде детально показано, що твердження про винайдення радіо в Росії і *тільки в ній* є міфом (чи вигадкою). Сучасна «офіційна Москва» уже не наполягає на цьому твердженні. Наприклад, в [7] говориться: «Попов Олександр Степанович – російський фізик і електротехнік, *один із піонерів* застосування електромагнітних хвиль в практичних цілях (в тім числі для радіозв'язку). На початку 1895 р. створив досконалий на той час варіант радіоприймача і продемонстрував його 7 травня 1895 р., використовуючи як джерело електромагнітного випромінювання вібратор Герца. На базі свого радіоприймача сконструював (1895 р.) прилад для реєстрації грозових розрядів («грозовідмітник»). У 1897 р. *почав* роботи з бездротового телеграфування. В тому ж році передав на відстань близько 200 м свою першу радіограму, що складалася з *одного* слова “Герц”. У 1901 р. досяг дальності радіозв'язку близько 150 км». (Г. Марконі в 1901 р. передав радіограму через Атлантичний океан, на відстань більше 3500 км).

Оце – *об'єктивна* інформація. Вона добре відома Л.М. Нікольському (*чий* великий огляд з *історії радіо*, розміщений в Інтернет, допоміг автору даної публікації в підборі літературних посилань, і давнім *однодумцем* якого стосовно «Дня радіо», принаймні *протягом 12 років*, див. [9], є автор даної публікації).

Таким чином, проблемою радіозв'язку О.С. Попов почав займатись лише з 1897 р. А до цього він удосконалював прилади для лекційного демонстрування дослідів Герца (про що Попов повідомив 24.03.1896 р. на засіданні РФХТ); удосконалював свій прилад для його застосування в Лісному інституті з метою спостережень за електричними явищами в атмосфері (Попов конструктивно об'єднав свій прилад з пишучим приладом братів Рішар, барабан з папером якого приводився в обертання годинниковим механізмом, а пізніше застосовувався апарат із записом на паперову стрічку); О.С. Попов (для чогось) витрачав час на повторення дослідів В. Рентгена [8]. Отже, конструктор грозовідмітника (чи, як сам винахідник його називав, «індикатора блискавок») не побачив сам можливостей використання свого приладу для практичного бездротового зв'язку. Наштовхнули Попова на продовження його роботи газетні повідомлення про роботи Г. Марконі [9].

Цікаво зіставити думки авторів деяких *підручників* з приводу ролі О.С. Попова і Г. Марконі (це зіставлення може бути своєрідним індикатором об'єктивності та ерудованості авторів).

«Найпростіша система радіозв'язку була запропонована Г. Марконі і О.С. Поповим» [10]; «Російський фізик О.С. Попов першим виготовив і продемонстрував грозовідмітник – прототип першого радіоприймача, а також досліджував питання впровадження радіозв'язку в практику, а італійський *радіотехнік* і підприємець Г. Марконі отримав патент на застосування електромагнітних хвиль для бездротового зв'язку. Перші придатні для практичного застосування радіоприймачі і передатчики були побудовані майже одночасно О.С. Поповим і Г. Марконі» [11]. (З такою досить об'єктивною позицією авторів цього підручника можна погодитись, але часом вони «патріотично» відступають від об'єктивності, зокрема – перенісши на сторінки 199 і 200 *підручника* (!) «байку», як німецький вчений опублікував повідомлення про відкриття, зроблене начебто не ним, а видатним українським фізиком).

Як короткий підсумок «вищесказаного», коротко розглянемо зміст газетної публікації [9]. Один із співробітників Харківського науководослідного інституту радіофізики й електроніки (інкогніто) 24 квітня 1998р. (незадовго до «Дня радіо») написав розвінчуючу «комуністичні міфи» статтю. В жорсткій тональності в статті говориться про таке. Попов не мав початкового наміру здійснити бездротовий телеграфний зв'язок, а винаходив приймач атмосферних розрядів; історики науки свідомо порушували хронологію, розповідаючи про першу радіограму Попова. «Найбільша брехня, яка міститься в більшості науковопопулярних робіт, – що Попова обікрав італієць Марконі. Однак історики науки довели, що Марконі працював самостійно і цілком заслугову-

вав Нобелівської премії. Ідея радіо буквально висіла в повітрі, але саме Марконі вдалось перейти від стадії експериментів до практичного впровадження великої ідеї. Попов, який не мав на меті радіозв'язок, прочитав у газетах сенсацію (Марконі зробив і приймач, і передатчик радіоповідомлень). Попов кинувся навздогін, але було вже пізно. Уже в 1896 р. Марконі подолав в ефірі двохмілнну відстань, а потім рахунок пішов на десятки міль і ще далі.

Попов же в ході своїх експериментів зробив масу відкриттів, серед них – виявлення відбиття радіохвиль від корпусів кораблів. Займись він цим питанням всерйоз (що пізніше зробив німець Х. Хюльсмайер), він *міг би* стати основоположником радіолокації, але не став; він *міг би* перетворити свій пристрій в радіоапарат, але цього не відбулось, про що можна лише пожалкувати.»

Виникненню в літературі помилкових уявлень стосовно ролі О.С. Попова сприяла значна хронологічна «нерозбериха» в описах істориками фізики діяльності Попова, а також «інтелектуальна інертність» декого з сучасних авторів (адже значно простіше переписати щось із уже існуючих посібників інших авторів, ніж самому осмислювати сучасні погляди на дану проблему). То ж чи не час уже *всім* викладачам дійти спільної думки стосовно історії винайдення радіо (засобу величезного значення), зруйнувавши «заржавілий, вікової давності висячий замок» (хоч і «патріотичний», як, з іншого приводу, пропонувалось в [12]).

Як прийнято казати, «щоб не бути голослівним», наведемо кілька цитат із сучасної (XXI століття) навчальної літератури.

1) 2002 рік [13]: «Ідею використання електромагнітних хвиль для передавання сигналів на великі відстані вперше висловив у 1889 р. Попов. Він у 1895 р. збудував і продемонстрував у дії перший радіоприймач» (про Марконі ані слова). (До речі, майже половина тексту в [13] «запозичена» з [14] навіть без посилання на [14]).

2) 2003 рік [15]: «О.С. Попов 7 травня 1895 р. вперше в історії здійснив радіозв'язок, передавши на відстань 250 м слова “Генріх Герц”» (Марконі не згадується).

3) Аж надто велика «інтелектуальна інертність» властива Г.Я. М'якишеву і Б.Б. Буховцеву. Ці добре відомі в педагогічних колах поважні автори і в 2007 році [16], аж у 16-му (!) виданні *підручника* зберігають тональність радянських часів (стор. 154): «День 7 мая стал днем рождения радио и ныне ежегодно отмечается в нашей стране». Але ці автори не забули і про «італійського *інженера*» Г. Марконі, фірма якого «*совершенствует* приборы А.С. Попова». Ці ж автори не змогли (незважаючи на величезну кількість перевидань їх підручника) виправити багато принципових похибок (у них фотон має масу; Рентген «пеленав»

розрядну трубку в папір, змочений спеціальним розчином; ядро урану саме ділиться на 2 осколки і 3 нейтрони, а не осколки викидають з себе нейтрони і т.ін.). Були ж колись і відповідальні, і компетентні автори (наприклад: І.І. Соколов, О.В. Пьоришкін, не кажучи вже про Я.І. Перельмана).

4) 2008 рік [17]. Заголовок: «Винайдення радіо О.С. Поповим». Текст: «7 травня 1895 р. Попов продемонстрував свій перший приймач... На честь цієї події день 7 травня святкується у *всьому світі* (?) як День радіо. Через рік (тобто у 1896 р.? – Ю.К.) О.С. Попов здійснив першу у світі радіограму “Генріх Герц”».

Як суперник російського «першовинахідника» О.С. Попова, в російській «історико-патріотичній» літературі фігурує Г. Марконі. В [18], в книзі, розрахованій на фізиків, про нього говориться хоч і стримано, але з повагою: «Марконі Гульєльмо, народився в 1874 р. в місті Болонья (згадаймо назву “модного” зараз навчального процесу), – італійський *фізик*, інженер і підприємець, з 1912 р. член Академії деї Лінчєї (тобто – *Італійської Академії наук*, Ю.К.), а з 1930 р. – її президент. Отримавши *домашню* освіту (лише початково, Ю.К.), Марконі під впливом робіт Г. Герца і А. Рігі з електромагнітних хвиль (*не робіт О.С. Попова*, Ю.К.) почав досліди в цій галузі й розробив прилади бездротового телеграфу».

(До речі, сам Герц обмежувався лабораторними масштабами при експериментуванні з своїми приладами і вважав, що його винаходи не зможуть знайти практичного застосування, а Олівер Лодж якось назвав саму думку про використання електричних променів для зв'язку «маячною мрією», Ю.К.).

«Завдяки великим матеріальним ресурсам і енергії Марконі досяг широкого практичного застосування нового способу зв'язку. Його діяльність відіграла значну роль у розвитку радіотехніки, зокрема в поширенні радіо як засобу зв'язку (Нобелівська премія, 1909)».

Отже, в [18] Марконі – і фізик, і академік, і Нобелівський лауреат. Але у найпершому з 3-х видань біографічному довіднику (україномовному, [19]) Ю.О. Храмов (як і багато хто з радянських історіографів) називав Марконі «радіотехніком» (згадаймо «крилате»: «Техніка викликали?»), не говорячи ні про Академію наук, ні про Нобелівську премію.

До речі, «рисуючи» портрет *реакціонера й консерватора* (нехай би й так, але ж не в молоді роки Гульєльмо), радянські автори використовують «темні кольори»:

Марконі ще з дитинства «мав дуже великі вуха» [20] (що ж тоді казати про «атомного боса» Ю.Б. Харитона?); «предприимчивий молодой человек с тяжелым подбородком» [21] (риторичне питання «фізіогномічного» типу: хіба «пристойніше» мати маленьке безвільне підборіддя?);

«спритний ділок і заповзятий бізнесмен» [22]; «бойкий італіянець» [23].

Звернемось до біографічних даних [20]. Г. Марконі (відповідні дані О.С. Попова і так широкодоступні). Його батько був ділком-землевласником, а мати була донькою фабриканта Е. Джеймсона (це прізвище «прикрашає» пляшки шотландського віскі). Хлопчик *спочатку* дійсно отримував домашню освіту (бібліотека, приватні уроки), а у віці 13 років вступив до технічного інституту в Ліворно. У 1894 р. під впливом публікацій Г. Герца і Н. Тесли Марконі зацікавився питаннями передачі електромагнітних хвиль і почав експерименти під керівництвом свого земляка Аугусто Ригі, який займався саме такою тематикою (зокрема, Ригі удосконалив вібратор Герца).

Для домашніх дослідів з предмету, який Гільєльмо називав «моя електрика», використовувались як ізолятори тарілки з дорогих сервізів і часто розбивались, за що розсерджений батько руйнував саморобну апаратуру сина.

У віці 19-ти років Марконі врешті прийшов до Болонського університету (де свого часу навчались Данте, Копернік, Гальвані) і прослухав цикл лекцій А. Ригі.

Як тільки Марконі дізнався про досліди Герца зі штучного збудження електромагнітних хвиль (від Ригі, який високо оцінив важливість цих дослідів), він розпочав експерименти, метою яких відразу було створення достатньо потужних передатчика й приймача електромагнітних хвиль. У своїх згадках Г. Марконі написав, що він від самого початку своїх досліджень мав на меті «одержати сигнали з іншого берега Атлантичного океану» [20]. Спочатку юний дослідник змушений був для придбання дроту навіть продавати свою одягу, але згодом Гульєльмо зумів зацікавити батька фінансовими перспективами від впровадження розроблюваних винаходів.

На початку 1896 р. Марконі переїхав до Англії, де продемонстрував свій апарат: за допомогою абетки Морзе передав сигнал з даху лондонського поштамту в інший будинок на відстань 1,5 км. Винахід зацікавив фізика В. Пріса (який на той час був директором британської пошти і телеграфу); під його «науковим наглядом» Марконі вів подальші роботи. 2 червня 1896 р. він подав заявку, а 2 липня 1897 р. отримав патент на «удосконалення в передачі електричних імпульсів і сигналів і в апаратурі для цього». 2 вересня 1896 р. провів першу публічну демонстрацію свого винаходу на рівнині Солсбері, домігшись передачі радіограм на відстань 3 км.

Ригі не схвалював поспіху в роботі Марконі, вважаючи за необхідне для експериментатора більш глибоке вивчення теорії. Але надзвичайно велика зосередженість і *високий темп* у роботі були невід'ємними риса-

ми Марконі-вченого (а потім і Марконі-бізнесмена). (В [20] говориться: «Марконі завжди поспішав, і тому в 1911 р. його Фіат на великій швидкості зіткнувся з іншим автомобілем, в результаті Марконі втратив око, замінене скляним протезом»).

На відміну від Марконі, О.С. Попов не поспішав і відзначався не зосередженістю на власній («глобальній») тематиці досліджень, а (для чогось) широтою наукових інтересів. Уже згадувалось, що, дізнавшись про відкриття Рентгена, Попов вирішив змонтувати установку для одержання рентгенівських променів. Оскільки трубок Крукса у продажу не було, в січні 1896 р. Попов (прекрасний слюсар, токарь і складувач, [8]) власноруч виготовив декілька трубок, провів дослідження рентгенівських променів та зйомку різних предметів в цих променях (про що повідомлялось у кронштадтських газетах). Попов брав участь у створенні рентгенівського кабінету в Кронштадтському морському госпіталі і неодноразово виступав з публічними доповідями про властивості рентгенівських променів. У звіті Мінного офіцерського класу (МОК), викладачем в якому працював Попов, говориться, що він «одержав одні з перших в Росії знімки променями Рентгена».

О.С. Попов, після виготовлення грозовідмітника і демонстрації його роботи, вважав, що «усе *головне* було зроблено, всі *найважливіші вузли вирішені*». Надалі він «лише *уривками* повертався до свого приладу, щоб внести який-небудь *останній штрих*, правильніше відпрацювати деталь, розмістити окремі частини у найвигіднішому сполученні». Від подальшої серйозної винахідницької діяльності Попова відволікав також навчальний процес. Попова «безжально захопив (чи – затягнув, Ю.К.) вир лекцій, доповідей, семінарських занять, екзаменів та консультацій». Отак виправдовують недостатню активність винахідника Попова (на відміну від заповзятливого Марконі) історики науки [21]. (Усе, чим займався О.С. Попов після винайдення грозовідмітника, корисне, але як же «його радіо», а конкретніше – розробка і здійснення практичного радіозв'язку?).

Отже, О.С. Попов на початку своєї винахідницької діяльності не відзначав діловитістю, характерною для Марконі. Свій «грозовідмітник» (чи приймач природних електромагнітних хвиль) Попов не запатентував (не узаконив офіційно свій пріоритет на цей приймач). Даний факт в *радянській* літературі оцінювався приблизно так [20]: «У Попова й на думці не було патентувати свій винахід – він ішов у ногу з Фарадеєм, Максвеллом і Герцем, які ніколи не патентували свої винаходи, вважаючи, що вони повинні належати всьому людству». А чому б не пов'язати згаданий факт з відсутністю професіоналізму у винахідника-початківця?; не виключено, що недбалість виконання Поповим схеми грозовідмітни-

ка (рис. 1) може бути свідченням не досить серйозного початкового ставлення автора до свого винаходу. (Акуратно виконаний рисунок схеми когерера відомий кожному, хто навчався в школі, а менш відомий «пересічному» викладачеві рисунок апаратури Марконі наводиться тут же; чітко виявляються окремі деталі, нетотожні з відповідними деталями схеми Попова, рис. 2).

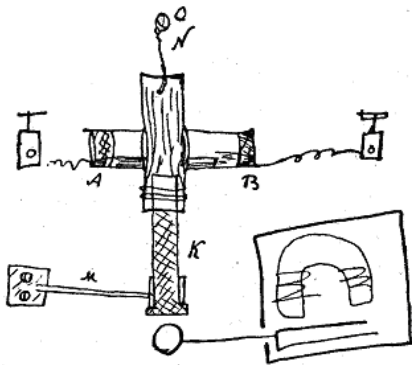


Рис. 1. Виконаний О.С. Поповим у 1895 р. ескіз, що зображує схему грозовідмітника

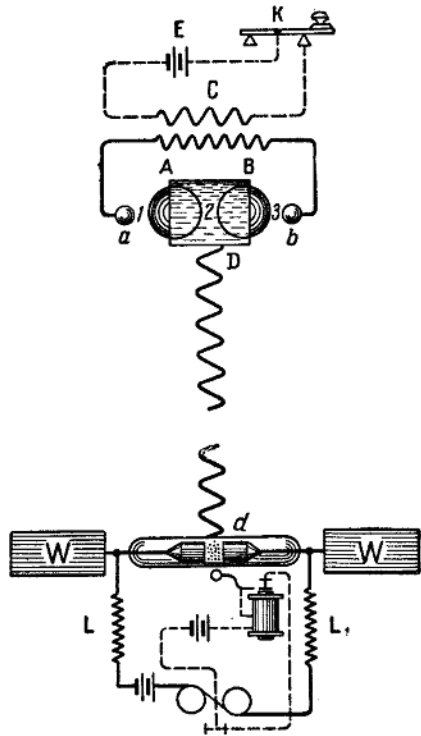


Рис. 2. Схема експериментальної установки Марконі

Чи «альтруїзм» Попова, чи відсутність у нього «практичної хватки» «зіграли поганий жарт» з Росією: «Коли життя змусило Морське міністерство оснащувати радіостанціями кораблі, необхідне устаткування довелось дорого купувати за кордоном» [20].

Проте не завжди Попов не думав про патентування. Наприклад, виявлений помічником Попова П.М. Рибкіним і лише вдосконалений Поповим спосіб приймання радіограм «на слух» було запатентовано ([9]).

Простежимо шлях, яким ішов О.С.Попов до приладу, демонстрація якого 7 травня 1895р. була розцінена в Росії як винайдення радіо.

У Марконі в його меті створення бездротового зв'язку було декілька попередників (наприклад: Е. Резерфорд, Н. Тесла, А. Лодж та ін.). Хоча вони й не досягли практичних результатів, але *свідомо прагнули* до них. Однак *не такою* була історія винаходу О.С. Попова.

О.С. Попов, старший за Г. Марконі на 15 років, почав досліджувати *електричні* явища ще до того, як Генріх Герц винайшов генератор електромагнітних коливань (вібратор Герца) й індикатор таких коливань (резонатор Герца), а також довів існування електромагнітних хвиль, що поширюються в просторі (1887–1888 р.р.). Працюючи в навчальному закладі Морського відомства, Попов дізнався від морських електриків про дивні події, що відбувались на кораблях. При вмиканні лампи електричного освітлення між проводами і металевими перегородками іноді проскакували іскри, що загрожувало катастрофою для військового корабля, в трюмі якого були «порохові бочки» [21].

Працюючи над проблемою запобігання такому іскрінню, Попов вивчав процеси, що викликають і супроводжують його. І саме під час експериментів Попова з'явилась інформація про досліди Герца, результати яких дозволяли експериментувати не тільки з електромагнітними хвилями від природних джерел (грозових блискавок) чи від випадкових джерел (іскор пробою в електротехнічних пристроях), але й з хвилями, які свідомо, заплановано утворювались навколо вібратора Герца.

Для приймання грозових хвиль і «герцевих» хвиль Попов виготовив пристрій, що увійшов в історію фізики як «грозовідмітник». Немає потреби детально пояснювати його будову слухачам (чи читачам), які знайомились з його схемою в шкільному курсі фізики. Просто перелічимо основні складові пристрою: когерер Бранлі-Лоджа (удосконалений Поповим); електромагнітне реле; дзвоник з молоточком, який то сигналізував про прийом електромагнітних хвиль, то струшував металеві ошурки когерера.

(Незайве нагадати, що й сам Лодж вдавався до струшування ошурок, яке здійснювалось від годинникового механізму, хоча ця дія виконувалась *періодично*; електромагніт же використовувався і в схемі апарата Морзе, на 60 років раніше (рис. 3, [24]). Цікаво відзначити, що Семюель Морзе був не інженером, а професійним *художником*, що дуже ускладнювало його винахідницьку діяльність. (Чи не схожі за «манерою виконання» рисунки, зроблені інженером Поповим і художником Морзе?).

Ще одним складником пристрою Попова для приймання грозових хвиль була антена, яку (у вигляді довгого тонкого мідного шнура) дослідники (О.С. Попов і його помічник П.М. Рибкін) підіймали над будинками за допомогою газонаповнених гумових кульок. (Стосовно антени

дехто з істориків вважав, що Попов, а не Тесла чи Бранлі, вперше застосував антену).

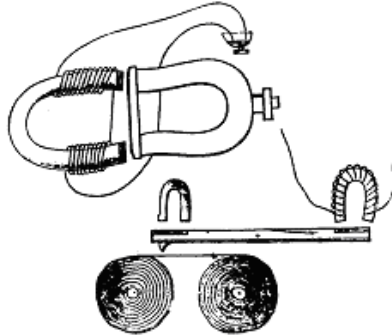


Рис. 3. Ескіз, зроблений художником С. Морзе на початку його діяльності по створенню телеграфа (зобразити електричні джерела живлення С. Морзе тут ще не зміг)

Під час одного з дослідів, у квітні 1885 р., замість окремих передзвонів у приймачі дослідники почули тривалий дзвінок (як у квартирі, перед дверима якої сигналізує нетерплячий відвідувач). Наступного дня Попов дізнався від працівників обсерваторії, що саме в той час околицею Петербурга на відстані 30 км від установки Попова смугою пройшла перша весняна гроза. Попов і його помічник приєднали до приймача реєструвальний апарат, в якому під дією електричних імпульсів перо викреслювало на паперовому барабані хвилясті лінії. Тепер усі грози в околицях Петербурга могли підпорядковуватись точному обліку. Саме цей пристрій («грозовідмітник») винахідник демонстрував 7 травня 1895 р. на засіданні фізичного відділення Російського фізико-хімічного товариства. Доповідь О.С. Попова мала зовсім скромну назву «Про відношення металевих порошоків до електричних коливань». Адже О.С. Попов багато попрацював над удосконаленням когерера, експериментуючи з порошками різної гранульованості й окисдованості, а також з кульками, голками, ланцюжками.

Доповідач пояснив присутнім будову грозовідмітника і продемонстрував його дію. Вібратор Герца, розташований в кінці залу, надсилав електромагнітні хвилі, які «безпомилково виявляв приймач Попова і сповіщав про це присутніх завзятим передзвоном» [21]. Ніякої сенсації ця подія не викликала, хоча на закінчення доповіді О.С. Попов висловив сподівання, що «при подальшому вдосконаленні цей прилад зможе бути застосованим до передачі сигналів на відстань за допомогою швидких електричних коливань». Секретар товариства склав короткий протокол №151 [20], кількома фразами описавши зміст доповіді О.С. Попова.

В книзі [21] (науково-популярній) говориться: «Ніяких висновків з доповіді Попова не було зроблено, газети не прохопились жодним словом». То ж дивно читати в солідному науковому журналі [8] в статті, одним із авторів якої була донька О.С. Попова: «Газета “Кронштадтський вісник” завжди цікавилась роботами О.С.Попова, і саме на сторінках цієї газети в №51 (4156) було опубліковано опис історичної демонстрації передачі першої в світі радіограми 7 травня 1895 р.». На рис. 4 зображено своєрідний «колаж», виконаний у «патріотичному» стилі.



Рис. 4. Рекламно-недостовірний колаж, присвячений Дню радіо

У викладеній тут інформації ще немає суперечностей, якщо не зважати на помилку доньки О.С. Попова. Але події наступного, 1896, року описуються «об’єктивістами» і «патріотами Росії» по-різному.

24 березня 1896 р. О.С.Попов знову виступив на засіданні РФХТ. Хоча в протоколі засідання чітко значиться: «О.С. Попов показує прилади для лекційного демонстрування дослідів Герца», частина учасників засідання (навіть більше половини їх) пізніше почала «згадувати», що начебто саме на цьому засіданні відбулася знаменна подія – показ присутнім приймання коротенької радіограми, яку передавав з іншого корпусу (з відстані близько 200 м) помічник О.С. Попова П.М. Рибкін. Інші ж учасники засідання переконані, що на цьому засіданні радіограму не передавали. Хронологію подібних, принципово важливих, подій не можна вирішувати більшістю голосів, а здатність людської пам’яті до переінакшування давніх подій демонструє хоча б такий факт. Частина свідків приймання радіограми (в тому році, коли це все ж відбулось) твердять, що текст був німецькомовний (Heinrich Hertz), а частина – що текст був російськомовний (Генрихъ Гертцъ) [20]. Щоб викликати у людей (особливо – у молодих радянських патріотів) ще більшу гордість за радянську науку і довіру до неї, цю «подію» в [21] ілюстрували (рис. 5,

художник Л. Смехов; «динамізм» людських постатей на рисунку нагадує картину «Таємна вечерея»). (Згідно з [7] перша радіограма Попова була короткою, – *одне слово*).

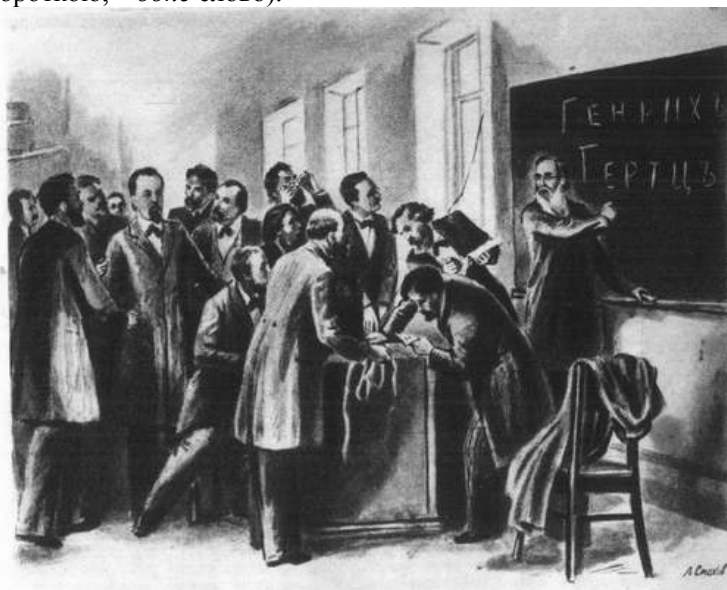


Рис. 5. Художнє зображення приймання першої радіограми О.С. Попова

Якби мала рацію більшість учасників засідання 1896 р., то чому ж у протоколі засідання не було ані слова щодо *радіограми*? Були спроби пояснити таке начебто «замовчування» засекречуванням Морським військовим відомством (якому підпорядковувався Попов) отриманих Поповим результатів. Але такому поясненню суперечить резолюція Морського міністра на проханні Попова профінансувати продовження експериментів з його приладом: «На таку химеру відпускати гроші не дозволяю» [20].

Точна дата радіотелеграфування має *принципове* значення в питанні пріоритету *тому*, що саме в 1896 р. Марконі провів публічні сеанси радіозв'язку за допомогою виготовленої ним апаратури.

Інформація про перший етап роботи Попова в галузі радіотелеграфії, звичайно ж, не обмежується наведеними вище офіційними протоколами засідань РФХТ чи суперечливими показаннями учасників засідань. Залишились і власні документальні свідчення Попова (про це – далі), і лабораторні журнали, і службові та приватні листи. Багато офіційних документів зібрано в [26]. Зовсім не випадково у «пострадянській» «Краткой Российской энциклопедии» [7] в статті про О.С. Попова напи-

сано: «У 1897 р. почав роботи з бездротового телеграфування. У тому ж році передав на відстань близько 200м свою першу радіограму, що складалася з одного слова “Герц”».

В [20] наведено слова одного з «істориків науки» (чи – «від науки») [27]: «За останні роки в радянській пресі з’явилися роботи, в яких зовсім неправильно (?) викладено історію винайдення радіо. Помилки ряду радянських авторів не дають можливості використовувати їх роботи для боротьби (майже протягом 60 років! Ю.К.) за міжнародне визнання пріоритету О.С. Попова у винайденні радіо». (Якби радянська наука та її ідеологи свого часу менше «боролись» за старі пріоритети, а більше працювали, може й не було б конфузів з генетикою, кібернетикою, філософією).

Деякі «патріотично» (а не «консервативно», [20]) налаштовані науковці стверджують цілковиту *тотожність* радіосхем Марконі і Попова, що начебто є свідченням обкрадання першим другого [21]. Однак в [20] говориться: «Навряд у когось є серйозні підстави вважати, що Марконі скопіював схему Попова; мабуть, Марконі прийшов до неї *самостійно*. Адже насправді схема Марконі не була тотожною схемі Попова. У ролі передавача був застосований генератор Ригі (удосконалений вібратор Герца), а в приймачі (схожому на приймач Попова, бо обидва приймачі базувались на приладі Лоджа) Марконі використав розроблений ним самим *вакуумний* когерер (що підвищило стабільність роботи приладу і його чутливість), а також дросельні котушки. Крім того, він довів свої прилади до високого ступеня досконалості, підвищив до немислимих тоді меж дальність радіопередач і немало сприяв тому, що радіо міцно увійшло в побут людей». (Та й сам Попов спочатку припускав [35], що його прилад «імовірно, не був відомим Марконі»).

Знову звернемось до початку дослідів О.С. Попова і Г. Марконі з «хвилями Герца». Дослідне підтвердження Герцем теорії Максвелла і простота експериментальної установки Герца спонукали учених багатьох країн до повторення дослідів і до удосконалення передавальних і приймальних пристроїв. Аугусто Ригі удосконалив вібратор Герца, створивши *сферичний* осцилятор *сантиметрових* хвиль. Для експериментів з «хвилями Герца» Едвард Бранлі у 1890 р. створив простий прилад, названий ним «радіокондуктором» (радіокерований провідник, що діє за принципом двохходового тригера). Ще одна назва цього пристрою – трубка Бранлі.

Олівер Лодж на основі радіокондуктора побудував «Прилад для реєстрації прийому електромагнітних хвиль», що містив джерело струму, реле, гальванометр, а для струшування радіокондуктора (з метою періодичного відновлення його чутливості до «хвиль Герца») – електричний

дзвоник із молоточком-зацепом.

В доповіді, присвяченій роботам Герца і прочитаній 1 червня 1894 р. в Лондонському Королівському товаристві, Лодж демонстрував досліди, назвавши радіокондуктор Бранлі «когерером», виходячи з фізичного принципу його дії. У приладі Лоджа когерер під дією хвиль генератора «відкривався», замикаючи коло постійного струму, на відстані близько 40 м від генератора.

О.С. Попов, викладач Мінних офіцерських класів (МОК) у Кронштадті, теж побудував лабораторну установку для демонстрації дослідів Герца своїм слухачам у навчальному процесі. Дослідами з «хвилями Герца» Попов супроводжував і цикл своїх лекцій під назвою «Новітні дослідження про співвідношення між світловими й електричними явищами», які він прочитав у 1889 р. офіцерам цих класів.

В статті під назвою «Прилад для виявлення і реєстрування електричних коливань» (порівняйте з назвою приладу О. Лоджа), датованій груднем 1895-го року і опублікованій в «Журналі РФХТ» [26], Попов писав: «На початку поточного року (1895 р.) я зайнявся відтворенням деяких дослідів Лоджа над електричними коливаннями з метою скористатися ними на лекціях. Домігшись задовільної сталості чутливості трубки, я поставив собі іншу задачу: домогтися такої комбінації, щоб зв'язок між ошурками, викликаний електричними коливаннями, руйнувався негайно автоматично. Така комбінація зручніша (ніж у Лоджа, Ю.К.), тому що вона буде відповідати на окремі електричні коливання, що повторюються послідовно одне за іншим. Я прийшов до такої конструкції приладу, що він служитиме для об'єктивних спостережень електричних коливань і буде придатним як для лекційних цілей, так і для реєстрування електричних пертурбацій, що відбуваються в атмосфері. Такий прилад відповідав дзвоником коливанням, створеним великим герцевим вібратором на відстані близько 60 м. Прилад може служити для різних лекційних дослідів з електричними коливаннями і може бути застосований до дослідів з електричними променями.

На закінчення можу виразити надію, що мій прилад, при подальшому удосконаленні його, зможе бути застосований до передачі (точніше – до прийому, Ю.К.) сигналів на відстані за допомогою швидких електричних коливань, як тільки буде знайдено джерело таких коливань, що матиме достатню енергію».

О.С. Попов у цій статті повністю виклав усі свої задуми і наміри, в які не входило практичне здійснення ним такої дистанційної передачі.

Саме згаданий у статті прилад і був використаний Поповим 7 травня 1895 р. при читанні ним доповіді «Про відношення металевих порошків до електричних коливань» на засіданні фізичного відділення

РФХТ.

Бувши викладачем, а не науковцем, О.С. Попов, напевно, і припустити не міг, що удосконалення ним *відомого* приладу (приладу Лоджа) може стати предметом *винаходу*. Але, побачивши «свою» схему в чужому патенті, він зрозумів, що *міг би* і сам отримати *офіційне* визнання як винахідник, звернився він вчасно в патентне відомство. Однак сам Попов цього не зробив, а його колеги по МОК не могли йому своєчасно дати пораду, бо й самі теж були *лише викладачами*.

І все ж Попов почав *енергійно* (нарешті!) доводити свій пріоритет. У липні 1897 р. у листі в газету «Новий час» О.С.Попов стверджує: «Приймач Марконі за своїми складовими частинами однаковий з моїм приладом, побудованим у 1895 р.». В доповіді 27 вересня 1897 р. в Одесі О.С. Попов говорить [26]: «Усе, що вище описано мною, міститься й у приладі Марконі». В листі від 26 листопада 1897 р. в редакцію англійського журналу «Електрика» О.С. Попов пише: «Приймач Марконі є відтворенням мого індикатора блискавок» [27]. В доповіді в Електротехнічному інституті 31 жовтня 1897 р. О.С. Попов підкреслює: «Існує повна тожність складових частин приймача Марконі з нашим приладом».

Хоча О.С. Попов 7 травня 1895 р. продемонстрував лише те, що Г. Герц майже щодня протягом 1886–1887 р.р. використовував для розв'язання своїх дослідницьких задач, застосувавши лише більш чутливий, ніж у Герца, приймальний пристрій, створений ним на базі приладу О. Лоджа, проте в Росії, в однобічному порядку, саме цей день (особливо після смерті Попова) стали посилено пропагувати як «день винайдення радіо Поповим».

Повернемось до засідання 24.03.1896 р., про яке сам О.С. Попов писав так: «В одній із зал було встановлено вібратор Герца, а прилад *із дзвоником* був на легкій переносній підставці. Прилад, який спочатку переносили по аудиторії, а потім винесли в крайні кімнати будинку, увесь час відповідав дзвінком на задалегідь визначені електричні сигнали». Протокол цього засідання (як уже згадувалось) свідчить лише про демонстрування Поповим дослідів Герца. Однак в [28] написано: «В результаті численних експериментів 24 березня 1896 р. Попов здійснив першу у світі *радіотелеграфну* передачу. Його доповідь у фізико-хімічному товаристві супроводжувалась роботою грозовідмітника, що приймав телеграфні сигнали на відстані 250 м».

З цілком об'єктивних обставин Попов *не міг* продемонструвати телеграфування без проводів у березні 1896 р., адже навіть 31 жовтня 1897 р. в доповіді в Електротехнічному інституті він говорив: «Тут змонтовано *прилад для телеграфування*. Зв'язної телеграми ми не зуміли послати, тому що у нас не було практики, усі деталі приладів потрібно ще випро-

бувати» [26]. (Така відвертість Попова пояснюється тим, що він ще не знав, що попереду буде «пріоритетна боротьба» з перекручуванням дат).

У «Петербурзькому листку» від 31 грудня 1897 р. повідомлялося (див. [26]), що найперший випадок посилки радіограми з *одного* слова відбувся 18 грудня 1897 р. Потім «вдалий дослід був повторений 23 грудня для вищого морського начальства, коли було передано приладами Попова *чотирьохбуквений* сигнал, обраний керівником Морського міністерства» [26, док. 50].

Таким чином, не 7 травня 1895 р., а 18 чи 23 грудня 1897 р. можна було б вважати днем винаходу радіотелеграфу О.С. Поповим. Проте це було б невігідно його «захисникам», оскільки Г. Марконі одержав патент раніше, 2 липня 1897 р., і з пріоритетом від 2 червня 1896 р.

Однак набагато пізніше, у «знаменному» (100-річчя «російського радіо») 1995-му році в [29] було написано: «24 березня 1896 р. викладач Мінного офіцерського класу О.С. Попов виступив у Російському фізико-хімічному товаристві з черговою доповіддю. В цей день присутні в залі фізичного кабінету столичного університету стали свідками передачі першої за всю історію електротехніки радіограми. Її текст був короткий і виразний: "Генріх Герц"».

В дійсності ж, як уже відзначалося вище, ця подія відбулася не в березні 1896 р., а в грудні 1897 р., як про це записано в *документі* 48 [26], тобто в «Петербурзькому листку» від 31 грудня 1897 р.: «О.С. Попов одночасно з італійцем Марконі знайшов спосіб передавати сигнал на значну відстань за допомогою відкритих знаменитим Герцом електричних променів, застосувавши їх до телеграфування без проводів. Асистент Попова П.М. Рибкін вирушив до сусіднього будинку, і через 10 хв. на стрічці звичайною телеграфною абеткою позначилося слово «Герц» (тут, як і в [7], *одне* слово).

Спроба «прив'язати» цю подію до березня 1896 р. так пояснюється у виносці (примітці) в документі 48: «Мабуть автори, що віднесли цю подію до березня 1896 р., зробили помилку. Але пріоритет О.С. Попова у винаході радіо визначається *не передачею слова «Герц»* 18 грудня 1897 р., а повідомленням О.С. Попова і демонстрацією діючих приладів 7 травня 1895 р.». (Якщо *так*, то для чого ж «робились вправи» з переносами *дат першої радіограми?*)

Доки О.С. Попов протягом 1897 р. «самотужки» доводив «повну тожність складових частин» у приймачах, не бездіяли і його «шанувальники». Так, у грудні того ж 1897 р. в «Електротехнічному віснику» була надрукована їхня колективна заява, в якій зокрема говорилось: «Ми повинні вважати першим винахідником нового способу телеграфування без проводів не італійця Марконі, а нашого співвітчизника О.С. Попова,

що зробив своє відкриття не випадково, а шляхом систематичних і майстерно проведених досліджень». Далі висловлювались рекомендації Російському технічному товариству: особи, що розглядають привілеї (патенти), в першу чергу повинні видавати їх росіянам, а не іноземцям [26, док. 53]. Оце так «патріотизм» замість «інтернаціоналізму»! (До речі, наведемо маловідомі, нехай і «вирвані з контексту», слова І.Я.Франка [30]: «Мій руський патріотизм – то не сентимент, не національна гордість, то тяжке ярмо, покладене долею на мої плечі». Але далі: «Скинути це ярмо я не можу, іншої батьківщини шукати *не можу*, бо став би підлим перед власним сумлінням».).

Як відомо, дійсна суть винаходу Попова полягала у введенні автоматичного «струшувача ошурок» у прилад Лоджа для реєстрації електромагнітних хвиль. Якби Попов замість публікації опису свого приладу в журналі в 1896 р. подав прохання в патентне відомство, то він одержав би привілей чи патент, аналогічний патенту Марконі і з аналогічним формулюванням щодо удосконалення в передачі електричних сигналів. Але Попов не мав юридичного документа з офіційним визнанням хоча б його автоматичного декогерера, то ж «захисники» Попова вдалися до «балачок».

При житті О.С. Попова сумніви в його пріоритеті у винаході радіо «вголос» не висловлювались. Але в 1907 р. викладач Військової електротехнічної школи Д.М. Сокольников у рецензії на книгу про Попова, надруковану в «Журналі РФХТ» [31], написав: «В останній главі автор викладає історію бездротової телеграфії й описує деякі системи телеграфування без проводів. Тут він повторює стару *патріотичну казку* про те, що бездротовий телеграф винайшов О.С. Попов». Такі «далекі від істини» слова про «*нашого* батька радіо» «викликали обурення наукової громадськості» і створення Фізичним відділенням ВФХТ комісії під головуванням професора О.Д. Хвольсона з питань про наукове значення робіт О.С. Попова.

Члени цієї комісії звернулися з листами до О. Лоджа і Е. Бранлі з проханням надіслати відгуки про конкретні внески О.С. Попова в бездротову телеграфію. Лодж відповів, що «Попов уперше досяг того, що сам сигнал здійснював зворотний вплив, і *саме в цьому* й полягає нововведення, яким ми зобов'язані Попову» [26]. А Бранлі у своєму листі так написав про роль антен у передавальних і прийомних пристроях (використання антен деякі історики фізики називали заслугою Попова): «Я вважаю, що роль антен була достатньо з'ясована *в моїх* повідомленнях у 1890 і 1891 р.р.» [26].

Завершивши доручену роботу, комісія опублікувала в 1909 р. свою доповідь [32] з висновком, що «О.С. Попов по справедливості повинен

бути визнаний винахідником телеграфу без проводів, за допомогою електричних хвиль». Щодо цих висновків, то в [33] говориться: «Створеній комісії під головуванням професора О.Д. Хвольсона була поставлена задача з *уже заданим рішенням* – документально розібратися в подіях і показати роль Попова як винахідника радіо».

Зробимо підсумок щодо переходу різних експериментаторів від «дослідів з іскрінням чи з дзвоном» до *радіотелеграфування*. Марконі ставив перед собою *відразу практичну* задачу, тому з самого початку своїх експериментів (до червня 1896 р.) постарався об'єднати приймач з телеграфним апаратом. Намагався підключити до свого приладу телеграфний апарат і Лодж (орієнтовно в 1894 р.). Попов *теж підключив* телеграфний апарат до свого приймача (але *не раніше* другої половини 1897 р.).

Приклади знаменних досягнень О.С. Попова і Г. Марконі. Цар Микола II у своєму наказі від 31 січня 1900 р. оголосив О.С. Попову «найвищу подяку» за застосування «винайденого ним телеграфу без проводів і за встановлення зв'язку між островами Гогланд і Котка при знятті з каменів броненосця «Генерал-адмірал Апраксін», а також видав грошову винагороду «за застосування радіотелеграфу на суднах флоту» [20]. З використанням апаратури Марконі проводились роботи по врятуванню уцілілих пасажирів «сумно знаменитого» Титаника (1912 р.).

Коротко – про здійснення трансконтинентального зв'язку. Як не дивно, але величезний вплив на подальший розвиток радіотехніки зробило зовсім *помилкове* уявлення Марконі, що електромагнітні хвилі можуть без великих втрат проходити через ґрунт і воду, і це зробить можливим передачу радіохвиль на величезні відстані. Його ж опоненти заперечували таку можливість (через поглинання хвиль у цих середовищах), а стосовно повітря вважалось, що радіохвилі можуть поширюватись тільки в межах прямої видимості, і що радіопередача на далекі відстані неможлива через кривизну Землі.

Втрати при проходженні радіохвиль через ґрунт і воду були дійсно величезними, але експерименти, які Марконі все ж провів, несподівано дозволили йому в 1901 р. здійснити свою мрію про передачу радіосигналу через Атлантичний океан. Пояснення цьому факту було знайдено лише в наступному році. Виявилось, що досягти рекорду Марконі допоміг так званий шар Хевісайда, тобто іонізований шар повітря у верхній частині атмосфери, який відбивав електромагнітні хвилі, що в ході експериментів Марконі потрапляли і на цей шар. Радіохвилі досить низької частоти відбивалися від йоносфери й огинали земну кулю. Перший радіозв'язок через Атлантичний океан було здійснено з використанням абетки Морзе [18]. Наприкінці наступного року був налагоджений *регу-*

лярний трансатлантичний радіозв'язок.

Здається цілком справедливою така думка ще радянських дослідників історії радіо: розгляд внесків кожного з двох головних винахідників у загальну справу «змушує вважати винахідниками радіо в рівній мірі і Попова, і Марконі; значить, в пам'яті людей імена і образи цих двох винахідників завжди повинні бути поруч» [34].

Нарешті, про взаємини двох «радистів» [20]. Особисте їх знайомство відбулось у липні 1902 р., коли у Кронштадтську гавань увійшов італійський корабель («Карло Альберто»). На ньому прибув Г. Марконі із своєю радіоапаратурою, яка дозволяла здійснювати зв'язок з Англією (на відстані 1600 морських миль). О.С. Попов відвідав колегу в його каюті і з цікавістю оглянув радіорубку корабля. Вчені спілкувались цілком дружньо. *Теплі* почуття до Марконі (а хіба можливе *подібне* ставлення до злодія?) Попов зберіг до кінця життя (на жаль – тільки 3 роки). З приводу весілля Марконі Попов надіслав йому багато подарунків, серед яких був срібний тульський самовар.

Отже, «помиривши» О.С. Попова і Г. Марконі, вже *можна* поставити крапку в розгляді історії винайдення радіо чи ще рано? Чи, може, до їх імен необхідно приєднати ще одне, та ще й поставити його першим?

Згадаємо сказане спочатку, що «радіо» – це насамперед не прилади для дистанційного бездротового зв'язку, а спосіб такого зв'язку. Але першим знайшов такий спосіб сам Генріх Герц. Адже він найпершим здійснив штучне випромінювання електромагнітних хвиль за допомогою «свого» вібратора і реєстрував (приймав) їх за допомогою «свого» (нехай і малочутливого) приймача – «резонатора» (прямокутної розіmkненої рамки з іскровим проміжком в одній із сторін рамки). Герц у ході експериментів дійшов висновку, що лише на відстанях до 3-х метрів передача сигналів від передатчика до приймача здійснювалась на принципі електромагнітної індукції, а от *прийом на більших відстанях* (у Герца було – аж до 16 м, тобто цілком дистанційно) – за допомогою передбачених Фарадеєм і Максвеллом електромагнітних хвиль. Таким чином, хоча Герц не винайшов ні потужний передавач, ні чутливий приймач, але саме Герца можна вважати «батьком *радіо*» (хоча б ідейним). Тоді Г. Марконі і О.С. Попов (рис. 6 і 7) – творці (чи, скромніше, *створювачі*) радіозв'язку.

(Маловідомий портрет О.С.Попова на рис. 7 відповідає початку його викладацько-винахідницької діяльності, на більшості відомих портретів О.С. Попов має вигляд значно старшої за свій вік людини; зауважимо, що О.С. Попов прожив зовсім мало, – менше 47 років, хоча й Г. Марконі жив, із нашої сучасної точки зору, теж недовго – 63 роки).



Рис. 6. Г. Марконі біля своєї приймально-передавальної станції



Рис. 7. Маловідомий портрет О.С. Попова

Література

1. Крот Ю. Є. До історії відкриття ефекту і винайдення способу про-світлення оптики / Крот Ю. Є. // Теорія та методика навчання мате-матики, фізики, інформатики. – Кривий Ріг : Видавн. відділ НМет-АУ, 2008. – Т. 2. – 366 с.
2. Крот Ю. Є. До історії відкриття рентгенівських променів / Крот Ю. Є. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. – Кривий Ріг : Видавн. відділ НМетАУ, 2003. – Т. 2. – 358 с.
3. Гернек Ф. Пионеры атомного века / Гернек Ф. – М. : Прогресс, 1974. – 360 с.
4. Сахаров А. Д. Воспоминания / Сахаров А. Д. // Знамя. – 1990. – №11.
5. Сахаров Д. І. Фізика для технікумів / Сахаров Д. І., Блудов М. І. – К. : Техніка, 1967.– 530 с.
6. Хрестоматия по физике / Спасский Б. И. (редактор). – М. : Просве-щение, 1982. – 220 с.
7. Краткая российская энциклопедия. – Т. 2. – М. : ОНИКС 21 век, 2003. – 1136 с.
8. Кьяндская-Попова Е. А. Изобретатель радио и X-лучи / Кьяндская-Попова Е. А., Томас В. // Наука и жизнь. – 1971. – №8. – С. 22–25.
9. Век радио // Харьковская городская газета. – 1998. – №15. – С. 29.
10. Гончаренко С. У. Фізика (11-й кл.) / Гончаренко С. У. – К. : Освіта, 1995. – 282 с.
11. Коршак Є. В. Фізика (11-й кл.) / Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савче-нко В. Ф. – К. : Ірпінь, 2004. – 283 с.
12. Вейник А. И. Термодинамика / Вейник А. И. – Минск : Вышейшая шк., 1968. – 448 с.

13. Гандзій Р. Я. Конспекти з фізики / Гандзій Р. Я. – Тернопіль : Астон, 2002. – 137 с.
14. Крот Ю. Є. Фізика у визначеннях, таблицях і схемах / Крот Ю. Є. – Харків : Ранок, 1998. – 144 с.
15. Чуянов В. А. Физика от “А” до “Я” (Краткий энциклопедический словарь) / Чуянов В. А. – М. : Педагогика-Пресс, 2003. – 504 с.
16. Мякишев Г. Я. Физика, классический курс (11-й кл.) / Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б. – М. : Просвещение, 2007. – 280 с.
17. Касаткина И. Л. Репетитор по физике (теория) / Касаткина И. Л. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. – 438 с.
18. Храмов Ю. А. Физики (биографический справочник) / Храмов Ю. А. – М. : Наука, 1983. – 400 с.
19. Храмов Ю. О. Фізики (довідник) / Храмов Ю. О. – К. : Наукова думка, 1974. – 480 с.
20. Карцев В. П. Приключения великих уравнений / Карцев В. П. – М. : Знание, 1970. – 318 с.
21. Рассказы о науке и ее творцах / Ферсман А.Е. (редактор). – М. : Детгиз, 1946. – 327 с.
22. Сапожников Л. О. Силуети винахідників / Сапожников Л. О. – К. : Веселка, 1987. – 139 с.
23. Гнедина Т. Е. Открытие Джи-Джи / Гнедина Т. Е. – М. : Молодая гвардия, 1973. – 157 с.
24. Уилсон М. Американские ученые и изобретатели / Уилсон М. – М. : Знание, 1975. – 133 с.
25. Журнал РФХО. – 1896. – Т. 28, №1.
26. Изобретение радио. А.С. Попов. Документы и материалы : [к 70-летию со дня изобретения радио] / Под. ред. акад. А. И. Берга. – М. : Наука, 1966. – 284 с.
27. Бренев И.В. Об ошибках в освещении изобретения радио. - М.: РИОВЗЭИС, 1963.
28. История техники / Зворыкин А. А., Осьмова Н. И., Чернышев В. А., Шухардин С. В. ; под ред. Милонова Ю. К. – М. : Изд. соц.-экономич. лит-ры, 1962. – 576 с.
29. Никитин Е. Н. Изобретатель радио – А.С. Попов / Никитин Е. Н. – М. : Просвещение, 1995. – 112 с.
30. Климишин І. А. Добро – у добрі / Климишин І. А. – Івано-Франківськ : Нова Зоря, 2004.– 71 с.
31. Сокольников Д. М. Рецензия на книгу А.А. Петровского «Научные основания беспроводной телеграфии» / Сокольников Д. М. // Журнал РФХО, Физическое отделение. – 1908. – Т. 40.
32. Участие А.С. Попова в возникновении беспроводной телеграфии

- (доклад комиссии, избранной Физическим отделением РФХО по вопросу о научном значении работ А.С. Попова) // Журнал РФХО, Физическое отделение. – 1909. – Т. 41.
33. Родионов В. М. Зарождение радиотехники / Родионов В. М. – М. : Просвещение, 1974.
 34. Григорян А. Т. Генрих Герц. 1857-1984 / Ашот Тигранович Григорян, Анатолий Николаевич Вяльцев. – М. : Наука, 1968. – 309 с. : ил.
 35. Тимирязев А. К. Очерки по истории физики в России / Тимирязев А. К. – М. : Просвещение, 1949. – 341 с.
 36. Никольский Л. Н. Кто «изобрел» радио? [Электронный ресурс] / Никольский Л. Н. – Режим доступа : http://www.oldradioclub.ru/raznoe/hystory/hystory_041.html

ВДОСКОНАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З ОПТИКИ: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ

О.С. Кузьменко

м. Кіровоград, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка

Швидкий розвиток нових галузей науки і техніки вимагає оновлення експериментальної бази для фізичних досліджень. Тому, привертає увагу аналіз напрямків та перспектив вдосконалення навчального фізичного експерименту з оптики як складової компоненти процесу диференційованого навчання фізики в умовах широкого запровадження сучасних технологій і засобів навчання та фізичного обладнання.

При цьому експериментальний метод, який превалує у процесі досліджуваної пізнавальної діяльності з природничих наук проникає в загальнолюдські і гуманітарні науки.

Вивчаючи шкільний курс фізики відповідно до сучасних програм, учні знайомляться з низкою найважливіших фізичних явищ, їх науковим поясненням, одержують уявлення про матеріальність світу і шляхи та можливості його пізнання. Слухаючи розповідь учителя і спостерігаючи його досліди та ілюстрації, учні знайомляться як із явищами природи, так і з існуючими взаємозв'язками між ними, основними фундаментальними дослідженнями, а самостійно опрацьовуючи навчальний матеріал підручника чи посібника та індивідуально виконуючи певні дослідження. Це сприяє формуванню і розвитку фізичного стилю мислення та активної самостійної пізнавально-пошукової діяльності учнів у навчальному процесі.

Важливість ШФЕ у навчальному процесі впливає з того, що у процесі психологічного розвитку людини висхідною є практична її діяльність. У цій діяльності розвивається мислення, що на першому етапі його формування є наочно-дієвим. У ході розвитку діяльності дитини зв'язок мислення з практичними її діями зберігається, але з часом у процесі пізнання об'єкта необов'язково і не завжди дитина повинна брати в руки той предмет, який її зацікавить. Згодом дитина починає мислити наочними образами, тобто виникає наочно-образне мислення.

У роботах видатних психологів детально простежується, які ознаки понять, в якій послідовності і за яких умов засвоюються учнями. Зокрема, згідно точки зору Н.О. Менчинської, засвоєння фізичних понять залежить від характеру тієї основи, на якій вони формуються, і зумовлена наявністю «суперечностей між сприйняттями, спостереженнями та умовиводами самого учня і тими формулюваннями визначень і правил, кот-

рі він одержує у процесі навчання» [1, с. 53]. При цьому психологічний зміст суперечностей зводиться до того, що наукове знання, яке опановується в школі, або одержує підтримку у власному досвіді учня і тоді легко засвоюється ним, або наштовхується на внутрішній опір і при цьому спотворюється ним, або ж зовсім відсівається і не сприймається.

Виходячи із розглянутих психологічних висновків, можна стверджувати, що навчальний фізичний експеримент у процесі формування фізичних знань займає особливе місце, оскільки він може бути використаний і як засіб зовнішньої дії на мислення учнів, і як чинник, який діє на вже наявні в учнів знання, вміння і навички, тобто експеримент впливає на діяльність учня через його самоуправління.

Відтак, різноманітні прояви навчального фізичного експерименту під час емпіричного і теоретичного пізнання та виявлення багатогранних його дидактичних функцій у навчанні дозволяють вважати, що систему ШФЕ можна виділити як важливий об'єкт (компоненту) педагогічної системи процесу навчання, що здатний суттєво впливати на його хід і результати.

З метою забезпечення якісного виконання навчальних експериментів у процесі організації та проведення дослідницьких робіт у вигляді демонстрацій вчителя та індивідуальних лабораторних робіт учнями мають бути забезпечені ергономічні вимоги і правила [2]: розташування елементів установки повинно забезпечувати легкий і вільний доступ до їхніх органів керування. Особливої уваги заслуговують ситуації виконання експерименту із сучасними засобами експериментування, що передбачають використання комп'ютера.

Про характер науково-методичних пошуків у галузі ШФЕ з оптики яскраво свідчить аналіз дисертаційних досліджень. Серед цих напрямків, вагоме місце посіли дослідження Б.Ю. Миргородського з питань електроніки в ШФЕ, роботи Є.В. Коршака з проблеми запровадження напівпровідникових приладів, праці В.Г. Чепуренка, Ф.П. Нестеренка, М.Г. Цілинка з методики проведення фізичного практикуму, роботи з домашніх спостережень і дослідів М.С. Білого та О.В. Сергеева, а також праці С.П. Величка, В.П. Вовкотруба, С.М. Гайдука, Г.М. Гайдучка, Д.Я. Костюкевича, Н.А. Сосницької та інших вітчизняних методистів. Виявлені основні напрямки розвитку в цілому навчального фізичного експерименту є характерними і для шкільних експериментів з оптики, а також для оцінки стану і тенденцій розвитку засобів експериментування і відповідного навчального фізичного обладнання з оптики.

Провідною тенденцією в розвитку ШФЕ є використання сучасних наукових і технічних засобів у навчальному процесі середньої і вищої школи. Такі прилади, як осцилографи, відеомагнітофони, ЕОМ, гетеро-

динні спектроаналізатори, стандартні прилади низьких, високих і надвисоких частот, лазери та ін., стали невід'ємною частиною обладнання фізичних кабінетів вищих навчальних закладів і середніх шкіл. У демонстраційному експерименті все ширше застосовуються осцилографічні засоби реєстрації різноманітних функціональних закономірностей досліджуваних явищ.

У фізичному експерименті з хвильової та геометричної оптики все ширше запроваджуються досягнення лазерної техніки, а також широкого використання набули світлодіоди (рис. 1). Використання саме світлодіодів для навчальних цілей обумовлено низкою параметрів та специфічних характеристик, які є особливо важливими і вагомими саме для процесу навчання шкільного курсу фізики, а відтак за умов застосування їх у навчально-виховному процесі зі школярами різного віку. Узагальнення результатів експериментальної перевірки та апробації дають підставу вважати ці джерела світла ефективними у вирішенні різних дидактичних цілей, а також для вдосконалення системи навчального фізичного експерименту з оптики та засобів її реалізації в умовах диференційованого навчання за профільними програмами.



Рис. 1. Джерело світла з комбінаційним розташуванням різних світлодіодів

Ці висновки обумовлені тим, що напівпровідникові світлодіоди випромінюють достатньо яскравий пучок світла для реалізації можливостей ефективного виконання різних видів навчального фізичного експерименту: яскравість свічення світлодіода достатня як для того, щоб виконувати самостійні досліди і спостереження учнів під час фронтальних лабораторних робіт і фізичного практикуму, так і для виконання демонстраційних експериментів учителем. Одночасно в ході виконання різних видів навчального експерименту світлодіоди забезпечують якісне спостереження результатів дослідів та можливість кількісної оцінки інтенсивності випромінювання світла за допомогою різних приймачів та реєструючих приладів, зокрема, як для візуального спостереження, так і для фотоелектричного його реєстрування.

Світлодіоди характеризуються досить великим терміном експлуатування, мають малі габарити і можуть легко транспортуватися і зберігатися у фізичному кабінеті та в лабораторіях [5].

Вони дають не монохроматичне випромінювання, але за умов виконання експериментальних досліджень для навчальних цілей, враховуючи вузьку смугу $\Delta\lambda = \pm 20 \text{ \AA}$, у якій головним чином випромінюється світлова енергія, з достатньо достовірними результатами можна одержувати кількісні співвідношення, залежності, значення фізичних величин, а також визначати низку фізичних параметрів та констант, що відповідає вимогам навчального експериментування.

Світлодіоди як джерела світла є досить економічними і тому можуть широко застосовуватися в тих установках, де потрібна відповідно висока світлова віддача за умов малої напруги електричного живлення (біля 1,5...2 В).

Для виконання лабораторних досліджень з фізичного практикуму у середній школі та у вищому навчальному закладі з геометричної та хвильової оптики із застосуванням напівпровідникових діодів цікавими є пропозиції використання комбінованих джерел світла, в центральній частині якого розміщені два світлодіода різного свічення, що можуть вмикатися одночасно і по чергово. Подібне джерело світла може стати ефективним в установках, за допомогою яких ведуться дослідження та вивчається якість обробки різних поверхонь, особливо сферичних (лінз і дзеркал), а також здійснюється перевірка ряду законів та приладів, які працюють на основі геометричної оптики.

Звернемо увагу на один із досить цікавих прикладів застосування напівпровідникових світлодіодів у практику вивчення фізики в школі і вищому навчальному закладі, коли таке комбіноване джерело світла включене до складу комплекту для вивчення оптики «КВО» (рис. 2) з відповідними демонстраційними деталями, оптичними елементами, різ-

ними джерелами світла, включаючи напівпровідниковий світлодіод. Один із варіантів цього комплекту, де джерело випромінювання являє собою комбінацію певним чином розміщених 6 світлодіодів: два (синій і червоний) – у центрі, а чотири периферійні розміщені симетрично відносно центра у вершинах вписаного квадрата. До того ж один з периферійних світлодіодів випромінює світло, яке відрізняється від кольору інших трьох.

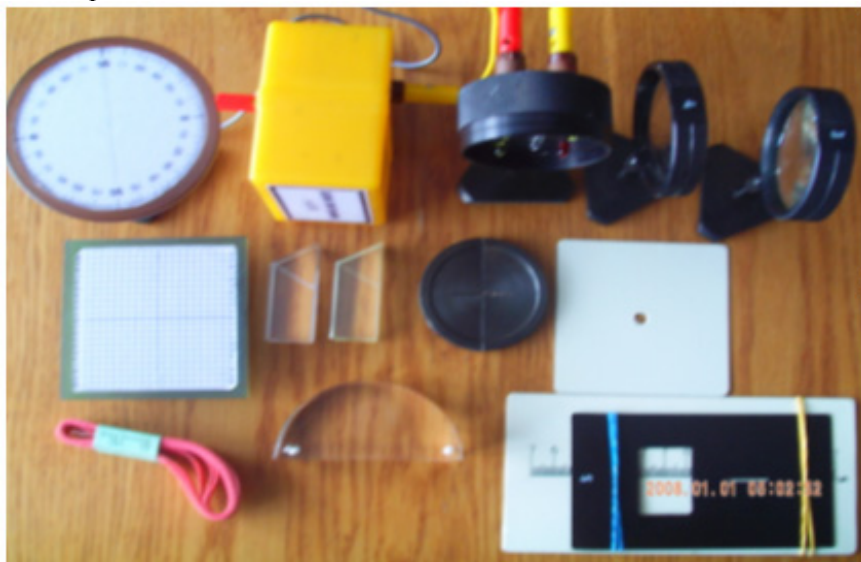


Рис. 2. Комплект для вивчення оптики

На основі пропонованого обладнання можлива постановка демонстраційних дослідів, фронтальних і лабораторних робіт, робіт фізичного практикуму та організація індивідуальних й самостійних дослідів учнів та студентів. Усі навчальні експерименти та методика і техніка їх виконання складають дидактичну систему, що дозволяє реалізувати різноманітні дидактичні цілі, розвивати мислення, самостійність учнів, а також формувати у кожного школяра активну позицію у навчально-пошуковому процесі під час вивчення оптики, як у сьомому, так й у випускному класі за профільними програмами з фізики для 12-річної школи.

Застосування газових лазерів у ШФЕ зумовлене такими важливими властивостями його випромінювання, як висока монохроматичність, когерентність, поляризованість та спрямованість випромінювання, що дозволяє з великою ефективністю поставити як відомі досліди, так і здійснити ряд нових, що не можуть бути реалізовані при використанні тепло-

вих джерел світла.

Застосуванню лазерів у системі ШФЕ присвячені праці С.П. Величка та І.З. Ковальова [3], А.І. Жирякова, В.І. Тищука, І.В. Попова, М.І. Садового та ін.

Використання сучасних технічних і наукових засобів у фізичному експерименті дозволяє поставити низку фундаментальних дослідів, а також виміряти основні фізичні сталі. Зокрема А.А. Пінський і В.М. Юшин розробили експеримент для визначення заряду електрону, а О.Ф. Кабардін поставив досліди з метою визначення постійної Планка в школі. С.П. Величко розробив навчальні досліди для дослідження оптичних властивостей активного середовища та визначення коефіцієнту підсилення гелій-неонової суміші.

Зараз у навчанні фізики все більшого значення набуває моделювання фізичних явищ за допомогою ЕОМ. На увагу заслуговує комп'ютерне моделювання різноманітних природних явищ, включаючи моделювання і оптичних явищ, бо воно дає можливість вивчити багато фізичних явищ і процесів без складних лабораторних установок. Використання динаміки і кольору робить сприймання навчального матеріалу досить ефективним. Навчаючі програми демонструють учнями широкі можливості комп'ютерів і прищеплюють навички роботи із сучасною технікою.

Програмно-педагогічні засоби (ППЗ) з оптики вимагають комп'ютерного моделювання очевидних оптичних явищ, але складних для з'ясування учнями їхньої сутності. Це дозволяє зробити їх наочними і дає можливість учням зрозуміти взаємозв'язок різноманітних оптичних параметрів, що характеризують відповідні явища внаслідок їх цілеспрямованої зміни [4; 6].

Внаслідок проведеного аналізу розвитку ШФЕ впливає такий висновок: стан ШФЕ з оптики задовольняє зміст відповідних розділів шкільного курсу фізики. Проте він вимагає удосконалення методики і техніки навчального фізичного експерименту в цілому з усіх його видів, а також з позиції матеріального і методичного забезпечення відповідно до сучасних наукових досягнень в галузі оптики та з урахуванням психолого-педагогічних надбань і дидактичних принципів побудови навчально-виховного процесу відповідно до сучасних вимог активізації навчально-пошукової діяльності старшокласників у зв'язку із широким запровадженням ЕОМ та створення на цій основі навчального експерименту з фізики, де мають оптимально поєднуватися реальні фізичні досліди і лабораторні роботи з такими експериментами, що відтворені за допомогою комп'ютера, які є модельними чи віртуальними.

Література

1. Величко С. П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі / Величко С. П. – Кіровоград, 1998. – 302 с.
2. Величко С. П. Педагогічні принципи та ергономічні вимоги до шкільного фізичного експерименту : монографія / Величко С. П., Вовкотруб В. П. – Кіровоград : РВВ КДПУ, 2007. – 128 с.
3. Величко С. П. Лазер у шкільному курсі фізики : посібник для вчителя / Величко С. П., Ковальов І. В.. – К. : Рад. шк., 1989. – 143 с.
4. Величко С. П. Вивчення основ квантової фізики : навчальний посібник для студ. вищих навч. закладів / Величко С. П., Костенко Л. Д. – Кіровоград : РВУ КДПУ, 2002. – 274 с.
5. Величко С. П. Сучасні технології у фізичному експериментуванні з оптики : навчальний посібник для вчителів / Величко С. П., Кузьменко О. С. – Кіровоград: Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2009. – 164 с.
6. Гайдук С. М. Оптика. Лабораторні роботи з використанням лазера і комп'ютерних програм : посібник для вчителів / Гайдук С. М. ; наук. ред. проф. С. П. Величко. – 2-е вид., перероб. – Кіровоград : Імекс ЛТД, 2002. – 112 с.
7. Гуржій А. М. Фізичний експеримент у загальноосвітньому навчальному закладі (Організація та основи методики) : навчальний посібник / Гуржій А. М., Величко С. П., Жук Ю. О. – К. : ІЗМН, 1999. – 303 с.
8. Оптична міні-лава та інтегрований навчальний експеримент : посібник для студ. фіз.-мат. фак-тів пед. вищих навч. закладів / С. П. Величко, І. М. Гладкий, Д. О. Денисов та ін. ; за ред. С. П. Величка – У 2-х частинах. – Кіровоград: РВВ КДПУ, 2008. – Ч. 1. – 148 с.

МЕТОДИКА ИЗЛОЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ КОСМОЛОГИИ

Ю.А. Курбатов

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Астрономия – одна из древнейших естественных наук. В течение многих веков развития астрономических знаний были достаточно концептуально разработаны такие её разделы, как астрометрия и небесная механика, ставшие уже классическими разделами с устоявшимися терминами, методологией и закономерностями. Преподавание этих разделов астрономии не вызывает методических затруднений. Наряду с этими разделами в астрономии есть такие бурно развивающиеся в последние десятилетия разделы, как звёздная астрономия, космогония и космология. В этих разделах встречаются неустоявшиеся научные результаты и гипотезы, которые подчас отвергаются с такой же быстротой, с какой возникают. Особенно этим страдает современная космология – наиболее интенсивно развивающийся раздел астрономии, изучающий Вселенную как единое целое, выявляющий её геометрическую структуру и эволюцию. Методике изложения некоторых вопросов современной космологии и посвящается настоящая работа. В работе сделана попытка изложить довольно сложные проблемы космологии так, чтобы они понятно воспринимались не только студентами, но и школьниками.

1. Методика определения температуры Вселенной

В современной космологической науке наиболее достоверной моделью Вселенной является модель так называемой «Горячей Вселенной».

Согласно этой модели, примерно 13,7 миллиардов лет тому назад всё вещество, образующее нашу Вселенную (звёзды, галактики, межзвёздная и межгалактическая пыль), спокойно пребывало в сверхплотном состоянии, при этом плотность этого так называемого сингулярного вещества была более 10^{96} кг/м³. Эта невообразимо высокая плотность вещества на 78 порядков выше плотности ядра атома.

Упомянутое выше время – 13,7 миллиардов лет – называют возрастом Вселенной, подразумевая под ним интервал времени t_B от наших дней вглубь истории эволюции Вселенной, до которого мы ещё можем экстраполировать известные нам физические законы. Считается, что именно t_B лет тому назад это первовещество взорвалось.

Начиная с момента времени 10^{-6} секунд после начала «Большого взрыва» удаётся проследить, как меняются физические свойства вещества по мере расширения Вселенной. В частности как изменяются плотно-

сти вещества и излучения, а также их температуры.

В учебном пособии [1] приведён график зависимости температуры вещества расширяющейся Вселенной от времени (сплошная кривая) и температуры излучения (пунктирная линия).

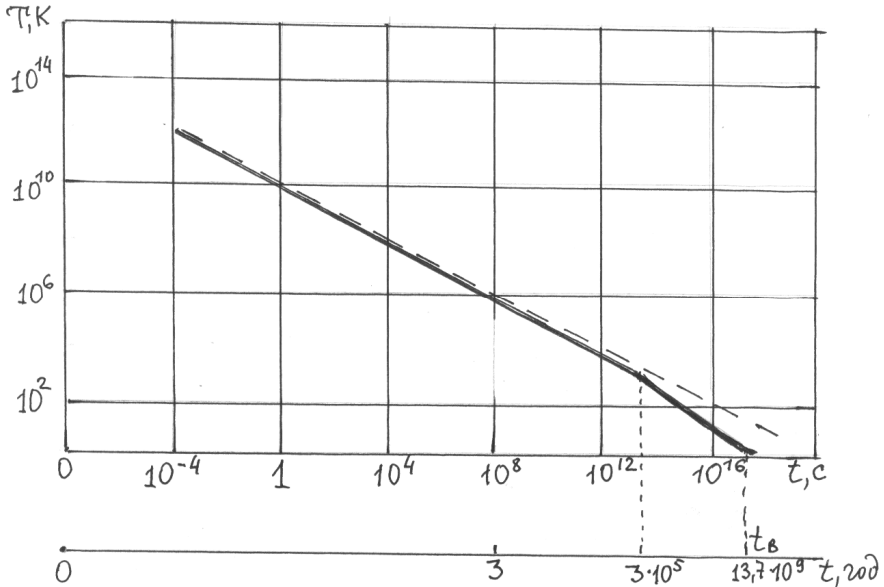


Рис. 1

В течение $3 \cdot 10^5$ лет после начала «Большого взрыва» температура излучения остаётся одинаковой с температурой вещества. И вещество находится в ионизированном состоянии. Примерно 75% по массе это ионизированные атомы водорода (протоны) и 25% ионизированные атомы гелия (α -частицы). Вещество и излучение привязаны один к другому. Этот промежуток времени называют «эрой излучения».

В конце этой эры температура уменьшается до 3000 K и энергия фотонов становится недостаточной для ионизации атомов водорода.

В этой связи процессы рекомбинации электронов с протонами уже не уравниваются обратными процессами ионизации, и происходит «отрыв» вещества от излучения. С этого момента главную роль в расширяющейся Вселенной начинает играть вещество, а не излучение. И начинается «эра вещества», которая продолжается до сих пор. На её определённом этапе начинаются процессы формирования галактик и звёзд.

В [1] дана формула, по которой можно оценить среднюю температуру расширяющейся Вселенной:

$$T = \frac{1,2 \cdot 10^{10}}{\sqrt{t_B}} \text{ К} \quad (1)$$

где t_B – время от начала «Большого взрыва», выраженное в секундах ($4,33 \cdot 10^{17}$ с).

Согласно (1) средняя температура Вселенной в наши дни составляет величину около 18 К.

Из (1) видно, что по мере старения Вселенной средняя температура её вещества понижается, т.е. Вселенная со временем безвозвратно охлаждается.

2. Методика оценки размера расширяющейся Вселенной

В настоящее время в ряде литературных источников приводится размер (радиус) Вселенной (r_B). Так, например, в энциклопедическом справочнике [2] приводится размер Вселенной 10^{26} м, в учебном пособии [1] даётся размер Вселенной порядка 6000 Мпс, что составляет $1,9 \cdot 10^{26}$ м.

В предлагаемой работе проделана оценка размера Вселенной двумя способами.

Первый способ основан на предположении, что с начала «Большого взрыва» фотоны излучения начали заполнять пространство, образуя Вселенную. Если учесть тот факт, что с начала «Большого взрыва» до наших дней прошло $t_B=13,7$ миллиардов лет ($4,33 \cdot 10^{17}$ с), то за это время фотоны заполнили пространство размером:

$$r_B = c \cdot t_B, \quad (2)$$

где c – скорость света.

Это выражение даёт значение $r_B=1,3 \cdot 10^{26}$ м.

Второй способ основан на явлении разбегания галактик. Согласно закону Хаббла скорость удаления галактик пропорциональна расстоянию до них:

$$V = H \cdot r \quad (3)$$

где $H=73 \frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{Мпс}}$ – постоянная Хаббла.

Самые удалённые от нас объекты – квазары движутся со скоростями, близкими к скорости света. Можно оценить расстояние до них:

$$r_B = \frac{c}{H} \approx 1,28 \cdot 10^{26} \text{ м} \quad (4)$$

В последнем выражении постоянная Хаббла H взята в единицах СИ ($H=2,34 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$)

Как видно, обе предлагаемые в работе оценки размеров Вселенной неплохо согласуются с ранее известными литературными данными.

Возникает вопрос: как эти данные связать с философской концеп-

цией бесконечности Вселенной. Да очень просто! В обеих оценках предполагается, что граница Вселенной удаляется от наблюдателя со скоростью света, а, значит, достичь эту границу даже с помощью луча света невозможно. В этом и заключается смысл бесконечности Вселенной.

Из сопоставления формул (2) и (4) можно сделать вывод о физической сути постоянной Хаббла. Эта постоянная есть ничто иное, как величина, обратная возрасту Вселенной ($H = \frac{1}{t_B}$). И действительно:

$(4,33 \cdot 10^{17} \text{ с})^{-1} \approx 2,34 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$. Это означает, что постоянная Хаббла является постоянной только для конкретной эпохи эволюции Вселенной и по мере старения Вселенной эта постоянная уменьшается. Этот факт позволяет устранить противоречие, следующее из формулы (3), согласно которой бесконечное с течением времени увеличению размера Вселенной приведёт к бесконечному увеличению скорости её расширения, в то время как предельной скоростью для материальных объектов является скорость света. Но если допустить, что постоянная Хаббла со временем уменьшается, то это уменьшение компенсирует рост размеров Вселенной в формуле (3) и скорость разбегающихся частей Вселенной стабилизируется на значении близкой к скорости света.

3. Методика оценки средней плотности вещества во Вселенной

Для оценки плотности любой физической субстанции необходимо знать её объём и массу. Проведём таким же образом оценку средней плотности вещества Вселенной.

Объём Вселенной нетрудно оценить, если принять во внимание результаты предыдущего раздела по определению размеров Вселенной.

Предположим, что Вселенная представляет из себя тело сферической формы. Тогда объём Вселенной можно оценить по её радиусу:

$$V_B = \frac{4}{3} \pi r_B^3 \approx 8,8 \cdot 10^{78} \text{ м}^3, \quad (5)$$

где $r_B = 1,28 \cdot 10^{26}$ м взято из предыдущего раздела.

Для оценки массы Вселенной можно воспользоваться данными [1]. Подсчёт числа галактик во Вселенной показывает число 10^{11} . Если принять, что масса каждой из них такая же, как у нашей Галактики, Млечного пути, то можно оценить и массу Вселенной в целом.

Вопрос упирается в оценку массы нашей Галактики. В [1] приводится масса нашей Галактики $3,2 \cdot 10^{41}$ кг.

В работе предлагается методика оценки массы Галактики двумя способами.

Первый способ позволяет оценить массу Галактики по звёздной

статистике: общее число звёзд внутри нашей Галактики около $2 \cdot 10^{11}$; средняя масса звёзд внутри Галактики близка к массе Солнца: $2 \cdot 10^{30}$ кг. В этой связи масса нашей Галактики будет около $4 \cdot 10^{41}$ кг.

Второй способ позволяет сделать оценку массы Галактики по динамике Солнца вокруг центра Галактики: Солнце движется по орбите вокруг центра Галактики; радиус орбиты $a_0 = 10$ кпс ($3,1 \cdot 10^{20}$ м), период обращения Солнца по орбите $T_0 = 2 \cdot 10^8$ лет ($6,3 \cdot 10^{15}$ с), это так называемый галактический год. Учитывая это, оценим массу Галактики, используя третий обобщённый закон Кеплера, из которого вытекает:

$$M_G = \frac{4\pi^2 a_0^3}{GT_0^2}, \quad (6)$$

где G – гравитационная постоянная ($6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг²), a_0 в метрах, T_0 в секундах.

Оценка даёт массу Галактики $4,4 \cdot 10^{41}$ кг.

По сравнению с первым способом здесь получилась масса на 10% больше. Объяснить это можно тем, что в первом способе учитывались только массы звёзд, а во втором вся масса Галактики с учётом и звёзд и внутригалактических газопылевых облаков, на долю которых приходится по данным [1] около 3% массы всей Галактики, и невидимые объекты Галактики, в том числе и чёрные дыры, которых более 10^8 внутри нашей Галактики.

Из вышеприведённого видно, что масса нашей Галактики по этим трём оценкам составляет в среднем $4,2 \cdot 10^{41}$ кг. Это позволит оценить массу вещества во Вселенной, которая составляет величину $M_B = 4,2 \cdot 10^{52}$ кг, а также среднюю плотность вещества во Вселенной:

$$\rho_{cp} = \frac{M_B}{V_B} = 4,6 \cdot 10^{-27} \text{ кг/м}^3.$$

В [1] приводится формула для оценки средней плотности вещества в расширяющейся Вселенной:

$$\rho_{cp} = \frac{4,5 \cdot 10^8}{t_B^2} \text{ кг/м}^3. \quad (7)$$

Здесь t_B – выраженный в секундах возраст Вселенной.

По этой оценке $\rho_{cp} = 2,4 \cdot 10^{-27}$ кг/м³, что в пределах порядка коррелирует со значением этой величины, полученной по предлагаемой в работе методике.

4. Методика оценки критической плотности вещества во Вселенной

Важной характеристикой, предсказывающей путь эволюции Вселенной, является критическая плотность её вещества.

В учебном пособии [1] дана формула оценки этой критической

плотности:

$$\rho_{кр} = \frac{3H^2}{8\pi G}, \quad (8)$$

где: $H=2,34 \cdot 10^{-18}$ Гц – постоянная Хаббла; G – гравитационная постоянная.

По этой оценке $\rho_{кр}=9,8 \cdot 10^{-27}$ кг/м³.

Вывод формулы (8) можно сделать в так называемом классическом (нерелятивистском) приближении.

Предположим, что периферийные (далёкие относительно наблюдателя) части Вселенной достигли такой скорости, что она приблизилась к величине второй космической скорости:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2GM_B}{r_B}}, \quad (9)$$

где M_B – масса Вселенной; r_B – размер Вселенной.

С другой стороны эта скорость может быть оценена по методу Хаббла:

$$V_2 = H \cdot r_B. \quad (10)$$

Из (9) и (10) следует:

$$\frac{H^2}{2G} = \frac{M}{r^3} \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi}{\frac{4}{3}\pi}.$$

Обозначим: $\frac{M}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \rho_{кр}$.

Тогда: $\rho_{кр} = \frac{3H^2}{8\pi G}$, что соответствует выражению (8).

Это означает, что критическая плотность у расширяющейся Вселенной получается на той стадии расширения, когда периферийные её части достигают второй космической скорости и будут расширяться далее неограниченно во времени.

Сравнивая формулы (7) и (8) и учитывая, что постоянная $H \cong \frac{1}{t_B}$, можно сделать вывод, что с течением времени соотношение между критической и средней плотностями вещества Вселенной остается неизменным и равно отношению (8) к (7):

$$\frac{\rho_{кр}}{\rho_{ср}} = \frac{6,666 \cdot 10^{-9}}{8\pi G} \approx 4. \quad (11)$$

5. Возможные сценарии эволюции Вселенной

Впервые космологическую модель однородной и изотропной Вселенной в рамках общей теории относительности рассмотрел советский математик А. Фридман. Он показал, что однородная изотропная Вселенная неустойчива, чем объясняется разбегание галактик во Вселенной. При этом в зависимости от значения средней плотности вещества во Вселенной ρ_{cp} расширение может происходить неограниченно во времени или же со временем сменится сжатием.

Сценарий того или иного пути эволюции Вселенной зависит от соотношения величин средней плотности вещества Вселенной и критической плотности её вещества [1], что показано на рис. 2.

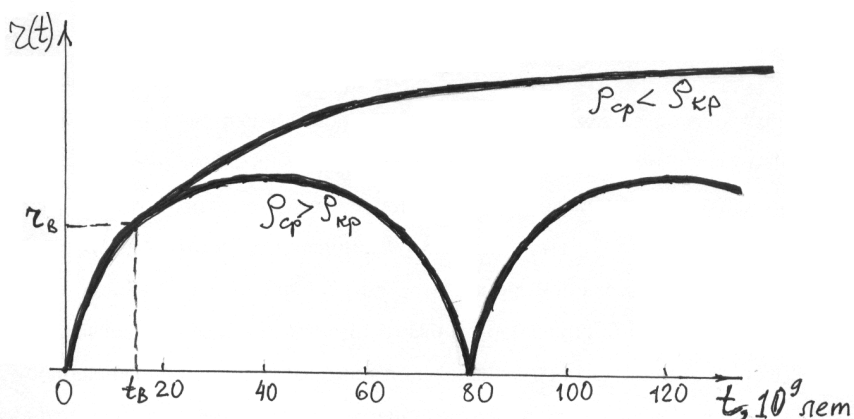


Рис. 2.

При $\rho_{cp} > \rho_{kp}$ начавшееся после «Большого взрыва» расширение Вселенной через 40 миллиардов лет сменится сжатием с последующим расширением и так до бесконечности.

При $\rho_{cp} < \rho_{kp}$ расширение будет идти неограниченно во времени со скоростью вечно убывающей.

По нашим оценкам $\rho_{cp} \approx (2,4 \div 4,6) \cdot 10^{-27}$ кг/м³, а $\rho_{kp} \approx 9,8 \cdot 10^{27}$ кг/м³. В этой связи Вселенная будет неограниченно расширяться ещё несколько десятков миллиардов лет. За это время, как показано в [3], наша Галактика сольется с Галактикой М31. Все прочие галактики улетят от нас на большие расстояния, так что многие из них нельзя будет увидеть даже в самый мощный телескоп. Концепция расширяющейся в бесконечность Вселенной получила в последние годы усиление благодаря гипотезе о существовании так называемой тёмной материи [3; 4], обладающей уникальными свойствами и способствующей беспредельному расширению

Вселенной.

Литература

1. Астрономия [учебное пособие для студентов физико-математических факультетов педагогических институтов] / М. М. Дагаев, В. Г. Дёмин, И. А. Климишин, В. М. Чаругин. – М. : Просвещение, 1983. – 384 с.
2. Краткий энциклопедический справочник. – М. : Русское энциклопедическое товарищество, 2003. – 840 с.
3. Лукаш В. Тёмная энергия Вселенной / В. Лукаш, Е. Михеева // Вокруг света. – 2008. – №9. – С. 24–30.
4. Якубовский Д. Текущее состояние исследований свойств тёмной материи / Якубовский Д. // Материалы международной конференции Dark Matter Workshop (Paris, 13-15 February, 2008).

ВИКОРИСТАННЯ АНАЛОГІЙ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ БУДОВИ АТОМНОГО ЯДРА В ПІДРУЧНИКАХ З КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ

О.О. Лебедь

м. Рівне, Національний університет водного господарства
та природокористування
Lebed739@ukr.net

Зміна структури, змісту, характеру професійної діяльності сучасного інженера формує соціальне замовлення системі вищої освіти, яке виражається в необхідності підготовки спеціаліста певного профілю, що зможе працювати в сфері наукомістких виробництв з урахуванням технологічних, екологічних, ергономічних і соціальних вимог до результатів його праці. Для цього випускник ВНЗ повинен, по-перше, володіти знаннями предметного середовища професійної діяльності і, по-друге, високим рівнем методологічної культури і готовності до використання сучасних технічних засобів і інструментів. Це можливо лише при глибокому засвоєнні фундаментальних дисциплін і, зокрема, фізики. Серед всіх розділів фізики, на сучасному етапі розвитку науки, на передній план вийшла квантова фізика, без засвоєння специфічних понять і положень якої, в майбутньому не можлива діяльність більшості інженерних спеціальностей.

В таких умовах в методиці викладання квантової фізики здійснюється інтенсивний пошук ефективних засобів засвоєння цього складного для пересічного студента розділу фізики. Одним із таких засобів в підручниках атомної і ядерної фізики часто використовується метод аналогій. Цей метод дозволяє переносити поняття і положення з одних розділів фізики (а часто і з інших наук) в інші, менш вивчені, з метою кращого їх засвоєння учнями і студентами.

В проаналізованих нами біля 30-ти підручників (в тому числі і навчальних посібників) з квантової фізики аналогії використовуються у більшості розділів: рівняння Шредінгера і фізичний зміст Ψ -функції, моделі атома і атомного ядра, спіни і магнітні моменти елементарних частинок, ядер, атомів, радіоактивність ядер і ядерні реакції, будова елементарних частинок і діаграми Фейнмана. Все ж найчастіше аналогії використовуються в розділі «Моделі ядра». Це зумовлено тісним взаємозв'язком між поняттями моделі і аналогії. Слід зазначити, що слово «модель» походить від латинського *modulus* (міра), яке тісно пов'язане зі словом *modus* (міра, спосіб, вид), отже, означає копія або образ, а одне із значень грецького слова «аналогія», від якого походить слово «аналогія» є «пропорція». На жаль, досі немає єдиного означення, яке б розкривало

поняття «модель» у сучасному розумінні цього слова. Наприклад, А.І. Уйомов, класифікуючи модель [1], наводить 37 основних її логічних типів. У нашому розумінні, модель – це система, дослідження якої слугує засобом для отримання інформації про іншу систему. Якщо об'єкт моделювання і його модель знаходяться у відповідності між собою на рівні подібності відношень, то говорять, що між ними існує відношення аналогії.

Аналогія – це опосередкована ланка між моделлю і об'єктом дослідження. Її функція полягає:

- в співставленні різноманітних об'єктів, знаходженні і аналізі об'єктивної подібності певних якостей, співвідношень, властивих цим об'єктам;
- в операціях міркування і висновках по аналогії.

Висновок по аналогії містить інтерпретацію інформації, отриманої дослідженням моделі. Такий висновок не зводиться до екстраполяції інформації з одного об'єкта на інший. Головним є пояснення інформації, осмислення її, визначення і вираження результату досліджень моделі в термінах предмета – оригінала. Інтерпретацію і підтвердження результатів моделювання слід розглядати як основний аргумент на користь того, що аналогія і її окремий випадок – подібність – є об'єктивною і логічною основою методу моделювання.

Не зважаючи на це подекуди в літературі ототожнюють аналогію і модель. Між ними існує дуже багато відмінностей. Найсуттєвішим, на наш погляд, є те, що метод наукової аналогії (особливо – якісної) в набагато більшій мірі відрізняється від методу моделювання застосуванням специфічного поняття *узагальненої аналогії* – абстракції. Вона виражає співпадання між об'єктами, що співставляються, між моделлю і прототипом.

На даний час існує близько 30-ти різних моделей ядер, які умовно можна розділити на три групи: моделі з сильною взаємодією нуклонів (ядро – як ансамбль міцно взаємодіючих і міцно зв'язаних частинок), моделі незалежних частинок (кожний нуклон рухається в усередненому полі решти нуклонів ядра майже незалежно один від одного) і моделі, що об'єднують особливості моделей першої і другої груп. До першої групи відносяться модель ядерної матерії, краплинна модель і несферична модель. До другої – модель фермі-газу, оболонкові моделі без залишкової взаємодії, а також із парними кореляціями. До третьої – узагальнені моделі зі слабкою взаємодією, сильною взаємодією, із парними кореляціям. Інколи моделі першої групи ще називають моделями, які враховують колективні ступені вільності ядра, а моделі другої – моделями, які базуються на врахуванні одночастинкових ступенів вільності [10,

74]. В підручниках з квантової фізики найчастіше розглядається модель рідкої краплини, альфа-частинкова модель, модель фермі-газу, оболонкова модель, узагальнена (колективна) модель і оптична модель.

Краплинна модель. Аналогію між атомним ядром і краплиною «нуклонної рідини» було запропоновано Я.І. Френкелем і Н. Бором. Вони перенесли в ядерну фізику термодинамічні поняття і аналогії (збуджене ядро – нагріта краплина, вилітання нейтрона з ядра – процес випаровування, «температура» ядра і т.д.). Ця модель базується на тому експериментальному факті, що питома енергія зв'язку ядер (за виключенням найлегших) практично слабо залежить від кількості нуклонів в ядрі, тобто кожен нуклон взаємодіє лише з обмеженою кількістю інших нуклонів. Крім того, з експерименту по розсіюванню протонів і α -частинок на ядрах атомів відомо, що радіус ядра можна оцінити за формулою

$$R = 1,3 \cdot A^{1/3} \cdot 10^{-15} \text{ м}, \quad (1)$$

де A – атомне число.

Тоді густина ядерної речовини ρ

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{3m}{4\pi R^3} = \frac{3Am_n}{4\pi 1,3^3 \left(A^{1/3}\right)^3 10^{-45}} = \text{const}. \quad (2)$$

Тут m – маса ядра, V – його об'єм, m_n – маса нуклона.

Подібні властивості має і краплина рідини, у якій існує ближній порядок і густина якої є величина стала.

Характер сил ядерної взаємодії також нагадує характер сил молекулярного зчеплення. Сили молекулярної взаємодії, які визначають внутрішнє зчеплення в тілах, мають малий радіус дії. Зі збільшенням відстані між молекулами вони швидко зменшуються. При наближенні молекул на відстані, менші їх розмірів, молекулярні сили переходять у сили взаємного відштовхування. Сили ядерної взаємодії також є короткодійними силами. Ядерне насичення зумовлене головним чином відштовхуванням нуклонів на близьких відстанях.

В краплині звичайної рідини молекули утворюють досить конденсований стан речовини з сильною міжмолекулярною взаємодією, і середня довжина вільного пробігу мала в порівнянні з лінійними розмірами краплини. В краплинній моделі атомне ядро також розглядається як система сильно зв'язаних частинок, до того ж, що стягуються потужними силами поверхневого натягу. При цьому індивідуальні нуклони не грають суттєвої ролі. Вважається, що середня довжина вільного пробігу нуклонів в ядрі також мала в порівнянні з діаметром ядра (що є доволі суперечливим). Перехід нуклонів із вільного стану в стан «ядерної речовини» може бути уподібнений звичайній конденсації пари в рідину. Енергія зв'язку, що виділяється при утворенні ядра, аналогічна теплоті,

яка виділяється при конденсації пари.

При розрахунку енергії ядерної взаємодії, користуючись моделлю рідкої краплини, необхідно враховувати поверхневу енергію, оскільки нуклони, що знаходяться на поверхні ядра, аналогічні молекулам поверхневого шару в краплі рідини. Вони мають підвищену потенціальну енергію, намагаючись зменшити площу поверхні ядра. Підвищення потенціальної енергії тут аналогічне зменшенню енергії зв'язку. Врахування цієї поверхневої енергії дає додатковий член в формулі Вайцзекара для енергії зв'язку ядра. Класична аналогія ядра краплині рідини, як дуже вдала, наводиться у всіх проаналізованих підручниках [2, 140-147, 170-177; 3, 346-352; 4, 185-189; 5, 60-61; 6, 361-366; 7, 221-223; 9, 43-50; 10, 74-82; 11, 519-520; 12, 406-409; 13, 580-582; 14, 480-483; 15, 400-401; 16, 260; 17, 279-282; 18, 108-119; 20, 253-261; 22, 236-237; 23, 488-489; 24, 464-472; 25, 143].

На жаль, не у всіх підручниках наводяться межі застосування такої аналогії. Потрібно чітко акцентувати увагу студентів на принциповій різниці ядерних і молекулярних явищ, а саме:

1. Сили молекулярної взаємодії по своїй природі є силами електромагнітної взаємодії, на відміну від ядерних;
2. Рух складових частин рідини можна описати в рамках класичної фізики, тоді як рух нуклонів в ядрі має квантовий характер;
3. «Ядерна рідина» складається із двох «рідин»: протонної і нейтронної;
4. «Ядерна краплина», на відміну від звичайної, є зарядженою з великою густиною заряду ($3 \cdot 10^{10}$ Кл/см³).

Крім того, на нашу думку, наводячи «гідродинамічну аналогію» ядра, корисним є розгляд можливості застосування і інших аналогій «агрегатних станів» ядра. Наприклад, газоподібна модель не підходить внаслідок слабкої взаємодії атомів газу в замкненому об'ємі, на відміну від сильної взаємодії нуклонів ядра. Модель кристалічного твердого тіла також не підходить. Амплітуда коливань атомів кристалічної решітки набагато менша ніж відстань між атомами, тоді як амплітуда коливань нуклонів в ядрі співмірна з розмірами ядра. Цей факт доводить, що дальній порядок в ядрі не можливий.

α-частинкова модель (модель нуклонних асоціацій). Підґрунтям цієї моделі ядра є експериментальний факт *α*-нестабільності деяких ядер. Вона в основному пропонується для опису парно-парних ядер і, в деякій мірі, є підвидом краплинної моделі. Деякими авторами [10, 102] пропонується розглядати *α*-частинки всередині ядра, як короткоживучі, але порівняно стійкі утворення. Вони аналогічні, наприклад, згусткам сиру всередині кефіру. Через деякий час після свого утворення *α*-частинка

розпадається на складові частини. Продукти розпаду цієї і інших частинок, що розпались перебудовуються в нові α -частинки. Важливо, щоб час перебування в зібраному стані α -частинки був набагато більшим ніж в розібраному.

На жаль, наведені підручники (навіть останніх років випуску) не містять експериментальні дані про кластерну радіоактивність, відкриту в 1984 році. На даний час відомо близько 25-ти ядер від барію-114 до америцію-241, які випускають кластери, важчі, ніж α -частинка. На основі цих даних α -частинкова модель може бути розширеною (для важких ядер), якщо в якості структурних частин ядер розглядати не тільки α -частинки, а і ядра інших елементів – від вуглецю-12 до кремнію-34.

Модель фермі-газу. В [2, 177-181; 25, 143] наводиться аналогія ядра атома специфічному об'єму, в якому знаходиться нуклонний газ. Нуклони в середині ядра уподібнюються розрідженому газу, атоми якого хаотично рухаються в замкнутому об'ємі. Хвильові функції окремих нуклонів є плоскими хвилями, як і для частинок, що вільно рухаються. Відмінність такого нуклонного газу лише в тому, що атоми і молекули звичайного газу можуть мати будь-яку енергію, а нуклонний газ – це фермі-газ, тобто його атоми можуть мати лише квантовані значення енергії.

Оболонкова модель. Ця модель базується на відомому експериментальному факті існування так званих «магічних» і «двічі магічних» ядер – ядер з дуже великою питомою енергією зв'язку в порівнянні з сусідніми (близькими по масі) ядрами. Вона вперше була запропонована М. Гепперт-Майєр, О. Гакселем і Х. Іенсенем. В моделі пропонуються аналогії нуклонів ядра електронним оболонкам атома. Вважається, що нуклони рухаються незалежно один від одного в самоузгодженому полі загального для всіх нуклонів силового центру, причому траєкторія їх руху, аналогічно до орбіт планет і електронів, є плавною лінією. На жаль, на це положення в проаналізованій літературі майже не звертається увага, а студентам часто є незрозумілим, чому саме нуклони рухаються по певним орбітам, коли в ядрі немає силового центру. Крім того, незрозумілою для студента є і причина введення терміну «оболонка».

Коротко зупинимось на поясненні, яке доцільно наводити на лекціях. Оскільки концентрація нуклонів в ядрі дуже велика ($n \approx 0,24 \cdot 10^{45} \text{ м}^{-3}$),

то за формулою $l = \frac{1}{\pi \sigma^2 n}$ можемо порахувати довжину вільного пробігу

молекул l (тут σ – ефективний діаметр нуклона). При енергії нуклона близько 20 МеВ експеримент дає $\sigma \approx 4,5 \cdot 10^{-15} \text{ м}$ і тоді $l = 0,2 \cdot 10^{-15} \text{ м}$, що є співмірним із розмірами ядра. При таких умовах, здавалося б, імовірність співударів нуклонів буде велика і поняття нуклонної орбіти втра-

чає зміст. Однак потрібно врахувати дві обставини:

1. енергетичні рівні в ядрі заповнюються послідовно з найнижчих. При не збудженому стані ядра всі найнижчі рівні енергії заповнені;

2. згідно принципу Паулі на кожному рівні може знаходитись лише два нуклони.

При таких обставинах взаємодія нуклонів з обміном енергії під час співударів виключається: нуклон, якщо він віддасть енергію, не зможе перейти на нижчу орбіту, бо вони всі зайняті. Таким чином, кожен нуклон, рухаючись в ядрі, не може змінити свою енергію. Траєкторія їх руху буде достатньо «гладкою» і можна говорити про існування нуклонних орбіт.

Внаслідок спін-орбітального розщеплення енергетичних рівнів ядра вони поділяються на окремі групи, які називаються «оболонками». Поняття «оболонка» було введено для того, щоб відмітити той факт, що віддаль між енергетичними рівнями всередині оболонки набагато менша ніж між оболонками. Ядра з повністю заповненими оболонками мають скомпенсований спін і магнітний момент. Вони називаються «магічними». Подібно до того, як заповненість атомних оболонок електронами впливає на хімічну активність атома, так заповненість ядерних оболонок впливає на енергію зв'язку ядер. В такому відношенні «магічні ядра» є аналогами інертних газів. Такі аналогії застосовуються в [2, 181-192; 4, 191-200; 7, 207-209; 8, 173-174, 191-193; 9, 183-200; 11, 521-522; 12, 409-410; 15, 401-403; 16, 260; 17, 282-284; 18, 136-154; 25, 143-144; 26, 296-297].

Колективна модель. В узагальненій (колективній) моделі ядра, розробленій О. Бором і Б. Моттelsonом, об'єднані краплинна і оболонкова моделі. Частина нуклонів повністю заповнює оболонки, утворюючи сферичну «ядерну основу» – краплину «ядерної речовини» (в цьому подібність до краплинної моделі). Зовнішні не взаємодіючі між собою нуклони (подібність до моделей другої групи), рухаючись біля цієї «ядерної основи», викликають його деформацію, внаслідок чого сферична поверхня ядра перетворюється в еліпсоїдальну. В свою чергу деформований «остов ядра» збуджує рух зовнішніх нуклонів. Величина деформації поверхні залежить від кількості зовнішніх деформуємих нуклонів і їх квантових станів.

В узагальненій моделі ядра, розглядаючи взаємодію частинки з ядром можна зробити висновок, що можлива ситуація, коли енергія частинки, що налітає на ядро, може розподілитися тільки між нуклонами, які розміщені навколо точки попадання в ядро і, таким чином, виникає можливість «місцевого нагрівання». З'являється область ядра з дуже високою «температурою», що може приводити до «випаровування» нуклона.

Іноді розглядають аналогію з ковзанням частинки по поверхні ядра [4, 201-214]. Невідповідність експерименту щодо появи в таких реакціях частинок з енергією, більшою ніж це мало б бути в моделі «випаровування» змушує звернутися до аналогії з краплею, яка має великий коефіцієнт поверхневого натягу. При взаємодії такої краплі з частинкою в ній може виникнути «завихрення» і збудження поверхневої деформації. Як додаткові доцентрові сили при «завихренні», так і «пучності» при поверхневій деформації можуть викликати додаткове викидання частинок з більшою енергією.

Такі ж аналогії колективної моделі наводяться в [2, 192-197; 8, 174; 15, 403-404; 18, 154-159; 25, 144-145].

Оптична модель. Ця модель була запропонована В. Вайскопфом і Г. Фешбахом для пояснення різноманітних фактів розсіювання нуклонів, дейтонів і α -частинок на ядрах. Оптична модель ядра побудована по аналогії з фізичною оптикою. Згідно її положень, ядро являє собою не «чорну», абсолютно поглинаючу кулю (як пропонується в борівській моделі ядерних реакцій), а «сіру» напівпрозору сферу з деяким показником заломлення n і показником поглинання k , які об'єднуються в комплексний показник заломлення:

$$n' = n + ik. \quad (3)$$

При падінні на таку сферу нейтронна хвиля зазнає всіх видів взаємодії, характерних для поширення світла в напівпрозорому оптичному середовищі (відбивання, заломлення і поглинання). Основою таких аналогій є модель ядра, в якій нуклони ядра поділяються на дві групи (подібно до колективної моделі): одна група утворює серцевину «ядерного остова», а друга – зовнішні нуклони, розміщені біля рівня Фермі. Нуклон (наприклад, нейтрон), який пролітає крізь ядро, не може взаємодіяти з нуклонами першої групи, тому що його енергія недостатня для їх збудження. Тому існує велика імовірність, що він пролетить крізь ядро, змінивши імпульс – при пружному розсіюванні. З нуклонами другої групи він може взаємодіяти, віддавши енергію; залишитись в ядрі і утворити складене ядро. Частина хвилі, що пройшла, отримує фазовий зсув δ і інтерферує з падаючою хвилею. В залежності від величини фазового зсуву інтерференція приводить до збільшення або зменшення перерізу реакції. Величина δ визначається віддаллю x , яку проходить хвиля в ядрі ($x \leq 2R = 2,6A^{1/3}$) і «показником заломлення»

$$\kappa = \frac{v_0}{v} = \sqrt{\frac{U+T}{T}}, \quad (4)$$

де v_0 , v , $U+T$ і T – відповідно швидкість і енергія нейтрона всередині і зовні ядра (U – глибина потенціальної ями).

Показник заломлення n' напівпрозорої кулі в оптичній моделі є аналогом комплексного усередненого потенціалу ядра:

$$U(r) = V + iW, \quad (5)$$

де V описує розсіювання нуклонів пучка, а W – їх поглинання.

Таким чином, рух нейтрона можна описати за допомогою хвильового рівняння з комплексним потенціалом

$$\Delta\psi - \frac{2m}{\hbar^2}(V + iW - T)\psi = 0. \quad (6)$$

Розв'язок цього рівняння для одномірного випадку всередині ядра

$$\psi = e^{iKx} = e^{iK_1x} e^{-K_2x}, \quad (7)$$

де $K = K_1 + iK_2 = \frac{\sqrt{2m(T - V - iW)}}{\hbar}$ – комплексний хвильовий вектор.

Розв'язок (6) і (7) дозволяє визначити перерізи реакцій взаємодії мікрочастинок з ядрами.

Такі аналогії використовуються в [2, 197-199; 11, 101; 13, 584-585].

Крім наведених моделей ядер, існує модель надтекучого ядра [18], де використовується аналогія надтекучої рідини, і різні варіанти колективної моделі.

Така кількість моделей ядер, кожна з яких описує лише обмежене коло їх властивостей свідчить про наступне: або ядро атома є настільки складною системою, що важко знайти для нього аналогії серед відомих і вивчених фізичних систем, або ж всередині ядра між нуклонами діють сили невідомої природи, для розуміння яких потрібні нові, поки що невідомі ідеї і уявлення.

Підведемо підсумки:

1. В проаналізованих підручниках застосування аналогій при побудові моделей ядра доречно, обґрунтоване і значно полегшує вивчення студентами зазначеної теми;

2. Ефективне формування понять про сучасні моделі атомного ядра не можливе без наведення конкретних результатів відповідних експериментів, що не завжди присутні в навчальній літературі;

3. Використання тієї чи іншої аналогії при моделюванні атомного ядра потребує її чіткої аргументації;

4. Для запобігання можливості ототожнення студентами моделі з реальним об'єктом, необхідно вказувати межі застосування конкретної аналогії в цій моделі.

Література

1. Уемов А. И. Логические основы метода моделирования / А. И. Уемов. – М. : Мысль, 1971. – 311 с.

2. Колпаков П. Е. Основы ядерной физики / П. Е. Колпаков. – М. : Просвещение, 1968. – 400 с.
3. Шпольський Е. В. Атомна фізика : В 2 т. / Е. В. Шпольський. – К. : Радянська школа, 1953. – Т. 2.
4. Вальтер А. К. Ядерная физика / А. К. Вальтер, И. И. Залюбовский. – Х. : Издательство ХГУ им. А. М. Горького, 1963. – 368 с.
5. Ракобольская И. В. Ядерная физика / И. В. Ракобольская. – М. : Издательство МГУ, 1971. – 296 с.
6. Корсунский М. И. Оптика. Строение атома. Атомное ядро / М. И. Корсунский. – М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 516 с.
7. Гершензон Е. М. Курс общей физики : Оптика и атомная физика / Е. М. Гершензон, Н. Н. Малов, В. С. Эткин. – М. : Просвещение, 1981. – 240 с.
8. Астахов А. В. Курс физики : В 3 т. / А. В. Астахов, Ю. М. Широков. – М. : Наука, 1983. – Т. 3.
9. Мухин К. Н. Введение в ядерную физику / К. Н. Мухин. – М. : Атомиздат, 1965. – 722 с.
10. Широков Ю. М. Ядерная физика / Ю. М. Широков, Н. П. Юдин. – М. : Наука, 1972. – 672 с.
11. Королев Ф. А. Оптика, атомная и ядерная физика / Ф. А. Королев. – М. : Просвещение, 1974. – 608 с.
12. Яворский Б. М. Курс физики : В 3 т. / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. – М. : Высшая школа, 1971. – Т. 3.
13. Геворкян Р. Г. Курс физики / Р. Г. Геворкян. – М. : Высшая школа, 1979. – 656 с.
14. Ландсберг Г. С. Элементарный підручник з фізики : в 3 т. / Г. С. Ландсберг. – К. : Радянська школа, 1968. – Т. 3.
15. Кучерук І. М. Оптика. Квантова фізика / І. М. Кучерук, В. П. Дущенко. – К. : Вища школа, 1991. – 463 с.
16. Куліш В. В. Фізика для інженерних спеціальностей. Кредитно-модульна система : У 2 ч. / В. В. Куліш, А. М. Соловійов, О. Я. Кузнецова, В. М. Куліщенко. – К. : Книжкове видавництво НАУ, 2005. – Ч. 2.
17. Акоста В. Основы современной физики / В. Акоста, К. Кован, Б. Грэм. – М. : Просвещение, 1981. – 495 с.
18. Булавін Л. А. Ядерна фізика / Л. А. Булавін, В. К. Тартаковський. – К. : Знання, 2005. – 439 с.
19. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Квантовая механика : в 9 т. / Р. Фейнман, Р. Лейтон, Р. Сендс. – М. : Мир, 1978. – Т. 8-9.
20. Бушок Г. В. Курс фізики : В 3 кн. / Г. Ф. Бушок, Є. Ф. Венгер. –

К. : Вища школа, 2003. – Кн. 3.

21. Вакарчук І. О. Квантова механіка / І. О. Вакарчук. – Л. : Видав. ЛНУ ім. Франка, 2007. – 848 с.

22. Савельев И. В. Курс общей физики : в 3 т. / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1982. – Т. 3.

23. Шубин А. С. Курс общей физики / А. С. Шубин. – М. : Высшая школа, 1969. – 574 с.

24. Путилов К. А. Курс физики : В 3 т. / К. А. Путилов, В. А. Фабрикант. – М. : Наука, 1960. – Т. 3.

25. Наумов А. И. Физика атомного ядра и элементарных частиц / А. И. Наумов. – М. : Просвещение, 1984. – 384 с.

26. Пайерлс Р. Е. Законы природы / Р. Е. Пайерлс. – М. : Физматгиз, 1962. – 340 с.

27. Давидов О. С. Атоми. Ядра. Частички / О. С. Давидов. – К. : Наукова думка, 1973. – 204 с.

ЗАДАЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИВЧЕННЯ РІВНЯНЬ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

І.В. Лов'янова, М.А. Слюсаренко
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
lira7-1-8@mail.ru

Першочерговим завданням фізико-математичної освіти є формування у студентів загальних прийомів мислення, просторової уяви, здатності розуміти зміст поставленої задачі, умінь логічно міркувати та застосовувати навички алгоритмічного мислення.

Психологи, дидакти й методисти переконливо показали, що вміння розв'язувати задачі слід віднести до складного пізнавального вміння, яке прямо не залежить від кількості розв'язаних задач. Ступінь оволодіння вмінням розв'язувати задачі визначає якість знань студентів, можливість здійснення самостійної пізнавальної діяльності. Не кількість задач, які розв'язуються, а підхід до їхнього розв'язування визначає навчальний ефект.

Не втрачає свого значення ідея навчати через розв'язання задач. Перехід від задач до теорії характеризує проблемну ситуацію, перехід від теорії до задач характеризує застосування теорії. Методи й способи розв'язання задач визначаються як характером самих задач, так і тими знаннями й допоміжними засобами, котрими студенти володіють на даному етапі навчання.

Мета даного дослідження – розглянути суть і особливості задачного підходу до вивчення рівнянь математичної фізики з метою підвищення якості знань студентів.

Мета конкретизувалася у наступних **завданнях**:

- проаналізувати різні трактування поняття «задачний підхід» і виробити власне формулювання, виходячи із поставлених цілей;
- розкрити роль використання комп'ютерних технологій у процесі викладання студентам дисциплін фізико-математичного циклу;
- показати, що візуалізація даних і отриманих розв'язків задач математичної фізики суттєво впливає на підвищення якості знань студентів з даної дисципліни.

Основне завдання викладача, взагалі, і фізико-математичних дисциплін зокрема, полягає в створенні в процесі лекцій і практичних занять умов, необхідних для мотивованої активної і адекватно контрольованої самостійної навчально-пізнавальної діяльності студентів. Розглядаючи задачний підхід до навчання студентів як одну з дидактичних умов підвищення якості знань, дослідимо точку зору науковців на питання зада-

чного підходу до навчання.

Задачним підходом вважається така «навчальна діяльність, як і будь-яка інша, котра має задачну структуру, тобто здійснюється через розв'язання специфічних для неї навчальних задач ... мислительних, мнемічних, перцептивних, імажинативних, комунікативних та інших» [2, 70].

Задачний підхід – це така організація навчальної діяльності, «основною одиницею якої є навчальна задача» [1, 38].

Задачний підхід у дослідженнях М.В. Ричіка [3] передбачає конструювання навчального тексту на основі побудови ієрархічної системи пізнавальних задач. Цілі навчання передбачають у цьому випадку не тільки засвоєння знань, але й розвиток в учнів здатності до самостійного цілевизначення й застосування здобутих знань і вмінь у різноманітних життєвих ситуаціях.

Таким чином, слід зазначити, що на основі зроблених узагальнень і завдань нашого дослідження під задачним підходом ми будемо розуміти навчальну діяльність, в основу якої покладено задачну структуру, компонентами якої є навчальна задача, яка, з одного боку, спрямована своїми вимогами на зовнішній об'єкт, а з іншого – містить у собі неявно виражені вимоги до суб'єкта, що її розв'язує.

Задачний підхід до навчання, у нашому розумінні, передбачає введення до змісту навчальної інформації таких завдань, які активізують мисленнєві процеси студентів, закріплюють у них уміння оперувати теоретичними знаннями в практичних ситуаціях.

В процесі формування умінь розв'язувати задачі математичної фізики доводиться інтегрувати знання з різних розділів фізики, математичного аналізу, диференціальних рівнянь. Як показує досвід, студенти доволі часто досить формально сприймають задачі такого класу; з одного боку, це пов'язано з необхідністю використання складного математичного апарату, з іншого, нерозумінням того, яке практичне застосування мають ці знання. Тому, на нашу думку, при задачному підході до вивчення рівнянь математичної фізики необхідно розглядати задачі не абстрактно-логічні, а за можливості з фізичним змістом, а також, при розв'язуванні задач, що описують динамічні процеси, не обмежуватись отриманням аналітичного розв'язку, а використовувати комп'ютерні технології для візуалізації отриманих результатів.

Найбільш ефективно за допомогою комп'ютера можна реалізувати принцип наочності під час розв'язування задач математичної фізики в середовищі комп'ютерної математики, що дозволить змодельовати фізичні процеси, які важко представити уявно.

Розглянемо задачу, яка пропонується студентам при вивченні рів-

нянь параболічного типу.

Нехай дана тонка квадратна пластина зі стороною $l=1$. Бічні сторони $x=0, x=l$ підтримуються при температурі $0\text{ }^\circ\text{C}$, нижня основа має температуру T_1 , верхня – T_2 . Знайти стаціонарний розподіл температури $T(x, y)$ всередині пластини.

Задача зводиться до інтегрування рівняння Лапласа

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0$$

при граничних умовах: $T(0, y)=0, T(l, y)=0, T(x, 0)=T_1, T(x, l)=T_2$.

Розв'язуючи задачу методом Фур'є, після деяких математичних перетворень знаходимо, що функція, яка визначає стаціонарний розподіл всередині пластини, має вигляд:

$$T(x, y) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{4 \sin[(2m+1)\pi x] [T_1 \operatorname{sh}[(2m+1)\pi(1-y)] + T_2 \operatorname{sh}[(2m+1)\pi y]]}{(2m+1)\pi \operatorname{sh}[(2m+1)\pi]}$$

Отриманий аналітичний вигляд функції $T(x, y)$ є громіздким і неілюстративним; дивлячись на цей вираз нічого не можна сказати про фізичний зміст отриманого результату, а це, в свою чергу, призводить до нерозуміння, формального ставлення та поверхневих знань студентів.

За допомогою Web-СКМ Sage досить легко змодельовати отриманий результат. Наприклад, для пластини з температурою нижньої основи $T_1=10\text{ }^\circ\text{C}$, а верхньої $T_2=20\text{ }^\circ\text{C}$ отримуємо розподіл температури, показаний на рис. 1.

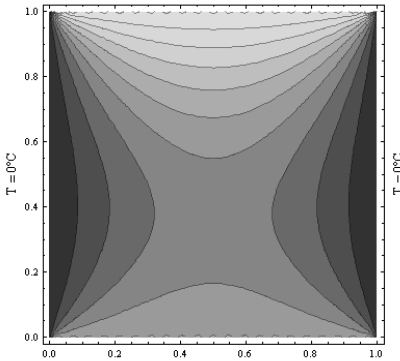
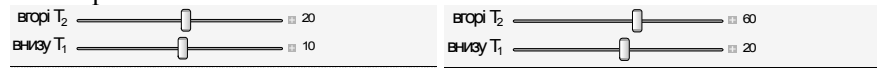


Рис. 1

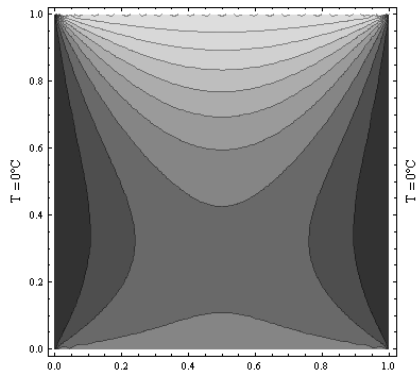


Рис. 2

Змінюючи положення відповідних повзунків, ми можемо змінювати граничні умови і відповідно досліджувати залежність розподілу темпе-

ратури пластини від граничних умов. Так, розподіл температури пластини при нових граничних умовах $T_1=20\text{ }^\circ\text{C}$, $T_2=60\text{ }^\circ\text{C}$ показаний на рис. 2.

Для зменшення часу розрахунків виникає необхідність обмежувати кількість доданків в сумі, при цьому студентам необхідно оцінити як зменшення кількості доданків впливає на кінцевий результат. Наприклад, рис. 1 ілюструє розподіл температури при умові, що нескінченну суму було замінено сумою з $m=20$ доданків, при зменшенні кількості доданків до $m=5$ функція розподілу змінюється, що показано на рис. 3.

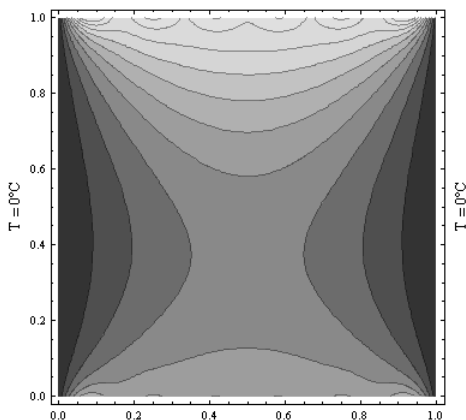
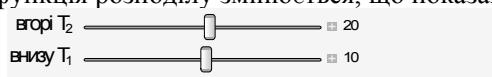


Рис. 3.

Отже, використовуючи даний програмний засіб, студенти мають можливість проводити візуалізацію отриманих результатів, усвідомлювати отримані результати, аналізувати та досліджувати їх, що, в свою чергу, поліпшує якість знань студентів з дисципліни.

Література

1. Загвязинский В. И. О движущих силах учебного процесса / Загвязинский В. И. // Советская психология. – 1973. – №6. – С. 37–42.
2. Костюк Г. С. О задачном подходе к исследованию учебной деятельности / Костюк Г. С., Балл Г. А., Машбиц Е. И. // Психология человеческого учения и решение проблем. – Прага, 1973. – С. 70.
3. Рычик М. В. От наглядных образцов к научным понятиям / Рычик М. В. – К. : Рад. школа, 1987. – 80 с.

О РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ

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

Преподавание физики, в котором эксперимент не составляет основы и краеугольного камня всего изложения, должно быть признано бесполезным и даже вредным.

О.Д. Хвольсон

Физика как одна из важнейших наук естествознания является наукой экспериментальной. Это означает, что формирование системы физических знаний основано на всесторонних количественных исследованиях природных явлений, технологических процессов и специально поставленных экспериментальных задач. Таким образом, процессы измерения составляют основу физического эксперимента. Осмысление результатов эксперимента позволяет выдвинуть физическую гипотезу о взаимосвязях различных сторон физического явления. Затем формулируются физические законы, которые проверяются экспериментально.

Обучение физике тесно связывается с применением физического эксперимента, как демонстрационного, так и лабораторного. Лабораторный физический практикум занимает важное место в общей системе университетской подготовки бакалавров, специалистов, магистров. Он является неотъемлемой частью курса физики и играет главную роль в ознакомлении студентов с экспериментальными основами фундаментальных физических законов и явлений, в привитии им навыков самостоятельной подготовки и проведения современного физического эксперимента. Таким образом, перед студентами, выполняющими лабораторные работы физического практикума, ставятся следующие задачи:

- ознакомиться с основными экспериментальными методами получения физической информации;
- получить практические навыки обращения с измерительной техникой, аппаратурой и экспериментальными установками;
- экспериментально изучить основные физические закономерности и научиться применять теоретический материал программного курса к анализу конкретных физических ситуаций;

– научиться применять современные методы статистической обработки экспериментальных данных, овладеть культурой записи полученной информации, правильным представлением полученных результатов в виде графиков, схем, таблиц и т.д.

Задача высших учебных заведений – обеспечить студентам соответствующие условия для работы. Это означает, что каждая кафедра физики должна иметь лабораторную базу, которую необходимо не только поддерживать методическим обеспечением, но и развивать ее в соответствии с требованиями сегодняшнего дня.

Обучение в вузе должно отвечать принципу профессиональной направленности. В курсе физики в технических вузах фрагменты профессионально значимого материала представляются на уровне введения в проблему или на уровне упрощенной иллюстрации применения той или иной физической закономерности в конкретной прикладной области [1]. Поэтому можно уже на первом курсе включать в лабораторный практикум работы, которые содержат в себе элементы специальных знаний. Так, например, студенты, обучающиеся по направлению подготовки «Радиотехника» нашего университета, в процессе изучения специальных дисциплин будут изучать компоненты волоконно-оптического линейного тракта. Передающие оптоэлектронные модули в качестве источника излучения используют светодиоды и лазерные диоды.

Для того, чтобы студенты могли ознакомиться с этими источниками уже на первом курсе, авторами была поставлена лабораторная работа по определению ширины запрещенной зоны полупроводника по фотоэмиссии [2].

Обычно термин «фотоэмиссия» используют для описания испускания электронов твердыми телами и жидкостями под действием электромагнитного излучения в вакуум или другую среду [3]. В данной лабораторной работе под термином фотоэмиссия понимается излучение света полупроводниками. Излучение является следствием инжекционной люминесценции – рекомбинации инжектированных через p - n -переход эмиттером неосновных носителей тока (электронов) с основными носителями тока в базе (дырками).

Установка собрана на базе монохроматора МУМ-1 и включает в себя, кроме монохроматора, блок питания для лазера и светодиодов, блок измерения интенсивности фотоэмиссии, состоящий из фоторезистора, размещенного на выходной щели монохроматора и микроамперметра с вмонтированной измерительной схемой, находящегося на верхней части корпуса монохроматора. Микроамперметр регистрирует фототок, который пропорционален интенсивности спектральной линии.

Монохроматор универсальный малогабаритный предназначен для

выделения монохроматического излучения, исследования источников света, приемников излучения, решения аналитических задач и других работ в области спектра 200...800 нм. Рабочий диапазон длин волн от 200 до 800 нм. Погрешность показаний счетчика длин волн $\pm 0,2$ нм.

Монохроматор имеет самофокусирующую вогнутую отражательную штриховую дифракционную решётку с переменным шагом, которая разлагает падающее на неё из входной щели излучение в спектр первого порядка и фокусирует изображение входной щели на выбранной длине волны на плоскость выходной щели монохроматора, где оно засвечивает фоторезистор. Выбор длины волны осуществляется поворотом дифракционной решётки по отношению к направлению на входную щель, который производится ручкой управления, расположенной на передней панели прибора. Отсчёт длины волны ведётся в нанометрах с точностью до 0,2 нм.

Светодиод или светоизлучающий диод (СД, LED – Light emitting diode) – полупроводниковый прибор, излучающий некогерентный свет при пропускании через него электрического тока. Излучаемый свет лежит в узком участке спектра, его цветовые характеристики зависят от химического состава использованного в нем полупроводника. Работа светодиода основана на явлении инжекционной электролюминесценции, происходящей в полупроводниковом кристалле с электронно-дырочным переходом.

Инжекцией носителей заряда называется введение носителей заряда через пониженный под действием прямого напряжения потенциальный барьер в область, где эти носители являются неосновными.

Принцип работы светодиодов заключается в следующем. Если концентрация электронов в *n*-области больше, чем концентрация дырок в *p*-области, то при прямом напряжении происходит инжекция электронов из *n*-области в *p*-область. Инжектированные электроны рекомбинируют с основными носителями, в данном случае с дырками *p*-области. Рекомбинирующие электроны переходят с более высоких энергетических уровней зоны проводимости, близких к ее нижней границе, на более низкие уровни, расположенные вблизи верхней границы валентной зоны (рис. 1).

Энергия фотонов, излучаемых в процессе рекомбинации, равна ширине запрещённой зоны для собственной проводимости полупроводника как в случае полупроводниковых лазеров, так и фотодиодов. Поэтому, измерив длину волны излучения и рассчитав энергию рекомбинационного фотона, мы определяем ширину запрещённой зоны для собственной проводимости полупроводника. Так как $\Delta W = \Delta E$, то можно записать:

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda_m} \approx \Delta E. \quad (1)$$

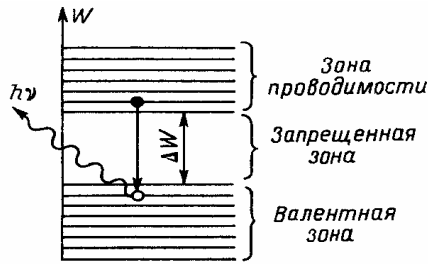


Рис. 1. Излучение при рекомбинации

Германий и кремний не используются в светодиодах, так как у них ширина запрещенной зоны слишком мала. Для современных светодиодов применяют главным образом фосфид галлия GaP и карбид кремния SiC, а также некоторые тройные соединения, называемые твердыми растворами, состоящие из галлия, алюминия и мышьяка (GaAlAs) или галлия, мышьяка и фосфора (GaAsP) и других соединений. Внесение в полупроводник некоторых примесей позволяет получить свечение различного цвета.

Помимо светодиодов, дающих видимое свечение, выпускаются светодиоды инфракрасного (ИК) излучения, изготавливаемые преимущественно из арсенида галлия GaAs. Они применяются в фотореле и различных датчиках.

Инжекционный полупроводниковый лазер представляет собой полупроводниковый диод, две плоскопараллельные грани которого служат зеркалами оптического резонатора. Этим лазерный диод отличается от светодиода. Излучение лазерного диода когерентно.

Спектр излучения представляют либо в виде горизонтальной цветовой полосы, либо в виде таблицы, либо в виде графика зависимости интенсивности от длины волны. Светодиоды и лазерные диоды характеризуют шириной спектра излучения.

Ширина спектра излучения – это величина, определяющая степень монохроматичности излучения квантовых систем. Обычно под шириной спектральной линии подразумевают расстояние между точками ее контура, соответствующими интенсивности, равной половине максимальной. Эту величину иногда называют «полушириной линии». По значению полуширины линии можно оценить погрешность определения ширины запрещенной зоны:

$$\Delta(\Delta E) = \frac{hc}{2} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \quad (2)$$

Светодиоды имеют ширину спектра в интервале от 10 до 50 нм, лазерные диоды – от 0,1 до 10 нм. Пример спектра приведен на рис. 2.

В ходе выполнения работы студенты строят профиль эмиссионной линии для лазерного диода и двух светодиодов – красного и зеленого. По полученному графику определяется полуширина линии, рассчитывается ширина запрещенной зоны и погрешность ее определения.

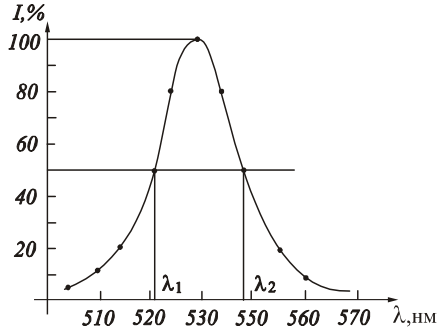


Рис. 2. Спектр излучения светодиода

Инструкция к лабораторной работе снабжена двумя блоками контрольных вопросов и заданий. Первый блок

включает в себя вопросы, связанные с подготовкой к эксперименту, второй – вопросы и задания по защите работы. Большое внимание во втором блоке уделяется анализу полученных результатов, так как оно с одной стороны способствует закреплению знаний, а с другой – формирует мыслительные умения и качества личности.

Литература:

1. Попков В. А. Дидактика высшей школы : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. А. Попков, А. В. Коржуев. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Академия, 2008. – 224 с.
2. Физический практикум. Инструкции к лабораторным работам / Сост.: А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева. – Донецк : ДонНТУ, 2006. – 324 с.
3. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М. : Сов. энциклопедия, 1983. – 928 с.

СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА В РУСЛІ ПРОБЛЕМНОГО ПІДХОДУ

С.Ф. Лягушин, О.Й. Соколовський
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет
ім. Олеся Гончара
lyagush@ff.dsu.dp.ua

Підтримання інтересу слухачів до матеріалу, що викладається, активізація пізнавального процесу – це вічні проблеми педагогіки. У викладачів фізики вони зараз загострені недостатністю мотивації до вивчення дисципліни в багатьох студентів і слабким рівнем підготовки та загальної математичної культури аудиторії. Шкільний курс фізики в більшості закладів зведений до набору формул, і вища школа отримує студентів без навичок логічного осмислення матеріалу, орієнтованих від початку на дії за певним рецептом. Усе це протипоказане нашій науці й вимагає спеціальних заходів для подолання. При цьому життєвість традиційної схеми (лекції – практичні заняття – самостійна робота студента) не викликає в нас сумніву. У фізико-математичних дисциплінах центр зусиль завжди припадав на розуміння матеріалу, тому пояснення викладача вкрай необхідні (в усякому разі, переважній більшості) як стартовий капітал для подальшого опрацювання інформації та перевірки засвоєння курсу розв'язанням задач. Збої в цій схемі породжуються масштабом зусиль, необхідних для простеження ланцюжка математичних перетворень і фізичних ідей, які стоять за ними. Старанний студент, що відвідує заняття, пише конспект і прагне опанувати курс, найчастіше потрапляє в пастку втрати бачення цілого за окремими фактами та викладками. На думку авторів, доцільно спроектувати на наші курси ідеї проблемного навчання. Це тип навчання, заснований на створенні та вирішенні дидактичної проблемної ситуації, що означає особливий психічний стан учня, який виникає в результаті цілеспрямованої діяльності педагога та характеризується наявністю потреби в розв'язанні пізнавальних труднощів [1]. Коли говорять про ситуаційний метод навчання [2], мають на увазі осмислення реальних життєвих ситуацій, тобто сферу, якою займаються гуманітарні науки. У той же час активізація пізнавальної самостійності учня, притаманна проблемному навчанню, потрібна й точним наукам, де завжди суттєвим елементом навчального процесу були задачі. Сама ідея problem solving Дж. Дьюї, від якої веде родовід проблемне навчання [3], співзвучна генеральній методі дисциплін фізико-математичного циклу. І якщо раніше основи курсів викладались у рамках традиційного пояснювально-ілюстративного навчання, копітка робота студентів забезпечувала їх засвоєння, а потім можливості побу-

дованої системи демонструвались на конкретних задачах, то зараз активізація розумової діяльності студентів стає необхідною вже на початку процесу, аби контакт з викладачем не втрачався. На кожному етапі, незалежно від рівня подолання математичних проблем, студент має бачити фізичну суть досліджуваного питання, мету перетворень, що виконуються, повинен володіти базовими поняттями відповідного розділу курсу. Ми пропонуємо побудову курсів у формі послідовності проблем отримання характеристик фізичних систем і явищ з певним алгоритмом їх розв'язання. Ілюструватиме цей підхід курс термодинаміки та статистичної фізики.

Традиційно перевірка знань і їх виживання у фізико-математичних і технічних дисциплінах була пов'язана зі знанням певних формул. Така постановка питання не викликає заперечень, коли учень добре розуміє, які позначення та математичні символи використані в них, і при цьому орієнтований на чесне відтворення формул. Зараз, на жаль, ці умови не виконані, тому програма-мінімум для перевірки повинна починатися зі знання основоположних понять і зв'язків між ними. Для розділів теоретичної фізики такими є: предмет дослідження, основна задача, спосіб математичного опису відповідних систем і їх станів. Доцільно використовувати математичне поняття «формалізм», тобто сукупність прийомів і методів, які забезпечують розв'язання певної задачі. Знання суті формалізмів, що використовуються в даній частині курсу теоретичної фізики, і складає, так би мовити, сухий залишок знань, які повинні бути наявними в осіб, які прослухали певну дисципліну. Ці думки варто перевірити на теоретичній механіці, квантовій механіці, електродинаміці. Саме порівняння базових понять і формалізмів здатне забезпечити розуміння основ цих курсів.

Об'єкт дослідження в термодинаміці та статистичній фізиці не відрізняється: це багаточастинкова система, в якій діють статистичні закономірності. Можна користуватися термінами «термодинамічна система» або «статистична система». Ускладнення об'єкта дослідження – основа для формування нового наукового розділу, а можливість двох різних підходів до дослідження об'єкта – феноменологічного та мікроскопічного – породжує два споріднені розділи теоретичної фізики. У Дніпропетровському університеті термодинаміка та статистична фізика викладаються послідовно, що збігається з традицією Московського та Київського університетів, з традицією школи М.М. Боголюбова [4–8]. Про термодинаміку скажемо коротко: стан досліджуваної системи задається кількома макроскопічними параметрами, сама система описується рівняннями стану, основні закони термодинаміки постулюють наявність певних зв'язків між зазначеними параметрами, і основна задача термо-

динаміки – це знаходження всієї сукупності характеристик системи та процесів (термічні коефіцієнти, теплоємності) за рівняннями стану. Для початківця таким чином досить чітко окреслюється коло проблем даного розділу науки та характер необхідного математичного апарату – рівняння в повних диференціалах. Термодинамічні потенціали – зручні характеристики станів системи, для їх використання сформульовані відповідні алгоритми. Звичайно, розмаїття систем, дослідження неоднорідних систем і нерівноважних станів, питання стійкості термодинамічної рівноваги [9] збагачують зміст і можливості термодинаміки, але логіка загального курсу залишається досить прозорою. Зазначимо, що ми послідовно спираємось на принцип термодинамічної адитивності, необхідний для замикання апарату термодинаміки, і показуємо техніку використання питомих характеристик систем [10].

Статистична фізика від самого початку використовує певні уявлення про мікроскопічний устрій систем. Тому опис системи тут базується на формалізмах механіки (класичної або квантової). Найуживанішим є гамільтонів формалізм: система задається функцією (або оператором) Гамільтона. Поняття стану системи розщеплюється: слід говорити про мікростан і макростан системи багатьох частинок. Ці поняття присутні навіть у шкільній програмі, але залишаються складними для більшості студентів. Слід роз'яснити, що опис мікростану будується за вимогами динамічної теорії й у класиці забезпечується інформацією про координати й імпульси частинок, а в нерелятивістській квантовій теорії – хвильовою функцією системи в певному представленні. На цьому етапі не обговорюємо наявність внутрішніх ступенів вільності частинки (спін) і поняття вектору стану, а також особливості опису станів систем тотожних частинок у квантовій теорії [11; 12]. Далі настає черга залучення апарату теорії ймовірностей до опису багаточастинкових систем. Маємо сформулювати проблему: як обчислити характеристики системи, реальний стан якої (мікростан) описується дуже громіздким способом і дуже швидко змінюється, навіть коли система знаходиться в стані термодинамічної рівноваги? Ключем до наступної частини курсу є розкриття ідей Гіббса, поняття ансамблів Гіббса та ергодичної гіпотези, тобто припущення про рівність середнього за часом і середнього за ансамблем. Дозволимо собі запропонувати таке розв'язання цієї проблемної ситуації: стан системи змінюється так швидко, що час перебування системи в певних мікростанах визначається ймовірністю відповідних станів за даної фіксації макроскопічних параметрів (розподілом уявних копій досліджуваної системи за можливими станами для даного ансамблю Гіббса). Звичайно, в реальному експерименті вимірюються фізичні величини, усереднені за часом. Неможливість динамічного дослідження поведінки

термодинамічної системи робить необхідним перехід до усереднення за ансамблем, що, за нашою гіпотезою, дасть адекватні результати. Таким чином, нам досить знати невелику кількість макроскопічних параметрів системи, які фіксують її макростан (подібно до опису стану в термодинаміці). Для певним способом заданого макростану системи можна використовувати відповідний ансамбль Гіббса та проводити обчислення з відповідним розподілом Гіббса.

Зробимо кілька зауважень. По-перше, ми не заперечуємо традиційного викладу статистичної фізики та вправ на випадкові величини та розподіли [10], ми лише переймаємося проблемою усвідомлення студентом чинності застосування цих прийомів до обчислення характеристик реальних систем. По-друге, образ ансамблю Гіббса має скоріше історичну цінність, і ми вважаємо за доцільне відразу користуватися поняттям імовірності станів. По-третє, очевидно, що загальні ідеї статистичного підходу легше викладати у квантовому варіанті, коли йдеться про ймовірності дискретних станів зв'язаної системи, а не про густину ймовірності станів у фазовому просторі багаточастинкової системи.

Наступне коло проблем пов'язане з обґрунтуванням розподілів Гіббса, поясненням добре відомих розподілів Максвелла, Максвелла-Больцмана, поняття одночастинкових функцій розподілу. Якщо в курсі загальної фізики розподіл Максвелла і т.п. виникав як узагальнення експериментальних фактів, курс теоретичної фізики потребує аргументації з перших принципів, яку забезпечує постулювання мікроканонічного розподілу Гіббса. Приймаючи гіпотезу про рівноймовірність мікростанів ізольованої системи, які реалізують даний макростан, тобто енергії яких лежать у фіксованому макроскопічно малому проміжку значень біля заданого макроскопічного (термодинамічного) значення енергії макростану, ми, переходячи до відкритої системи, яка обмінюється енергією або енергією та частинками з середовищем, обґрунтовуємо, виконуючи граничний перехід, канонічний і великий канонічний розподіли Гіббса [6]. У квантовому випадку будемо записувати вирази для розподілів так:

мікроканонічний $w_n = \frac{\Delta(e - E_n)}{\Gamma}$, $\Delta(\xi)=1$, якщо $|o| \leq \partial e$; $\Delta(\xi)=0$,
якщо $|o| > \partial e$;

канонічний $w_n = e^{\beta(F - E_n)}$;

великий канонічний $w_{Nn} = e^{\beta(\Omega - E_{Nn} + \mu N)}$.

У цих формулах N – кількість частинок у стані, індекс n нумерує квантові стани, E_n , E_{Nn} – енергія відповідного мікростану, \mathcal{E} – термодинамічна енергія, Γ – статистична вага макростану, F – вільна енергія си-

стеми, Ω – великий термодинамічний потенціал Гіббса, μ – хімічний потенціал частинок (розглядаємо частинки одного сорту), $\beta=1/kT$, де k – стала Больцмана, T – абсолютна температура.

Правильність нашої гіпотези аргументується збігом результатів статфізичного дослідження систем із добре перевіреними результатами термодинаміки.

Перехід до класики забезпечує пояснення розподілів Максвелла, Максвелла-Больцмана, тобто густину імовірності певних значень компонент імпульсу (швидкості) та радіус-вектора частинок. Традиційні задачі про розподіл за модулем швидкості постають як суто математичний перехід до іншої системи координат у просторі швидкостей.

Тепер варто сформулювати основну задачу статистичної фізики: виходячи з певних уявлень про мікроскопічний устрій системи, знайти її макроскопічні характеристики. Якщо залишатись у рамках рівноважної теорії, то наше завдання – це обчислення термодинамічних потенціалів системи. Зазначимо, що виведення формул розподілів Гіббса дало нам вирази, які містять добре відомі в термодинаміці потенціали – вільну енергію, великий термодинамічний потенціал Гіббса. Статистична вага стану теж пов'язується з відомою термодинамічною характеристикою формулою Больцмана для ентропії $S=k\ln\Gamma$. Це підказує шлях до розв'язання нової проблемної ситуації. Адже ймовірності мікростанів задовольняють очевидним умовам нормування: сума ймовірностей усіх станів повинна дорівнювати одиниці. Усі можливі стани можуть бути знайдені в результаті суто мікроскопічного розгляду (в нашому випадку – квантовомеханічного, базованого на розв'язанні стаціонарного рівняння Шррьодінгера). На цій основі можна знайти значення величин, які мають прямий термодинамічний зміст, розв'язавши таким чином основну задачу статистичної фізики. Шлях, яким ми маємо йти, залежить від способу макроскопічної фіксації досліджуваної системи.

Для ізольованої системи необхідно знайти всі можливі мікростани системи з рівняння Шррьодінгера $\hat{H}\psi_n = E_n\psi_n$. Задаючи певне значення \mathcal{E} (можна показати, що конкретне значення цієї величини результатів не змінює), підраховуємо для заданого \mathcal{E} статистичну вагу Γ . Далі скористаємося формулою Больцмана та знайдемо ентропію системи S . Зауважимо, що розв'язки задачі Шррьодінгера залежать від крайових умов і наявності полів, а також, звичайно, від кількості частинок у системі. Як бачимо, S буде функцією від \mathcal{E} , V , a і N , а саме в цих змінних ентропія є характеристична функція, тому методи термодинаміки дозволяють знайти всі термодинамічні характеристики системи. Маємо алгоритм розв'язання основної задачі статистичної фізики, який будемо називати мікроканонічним формалізмом Гіббса, причому формула Больцмана – це

основна формула цього формалізму. Реалізація такого алгоритму проблематична, але нам важливо, що цей шлях у принципі існує.

Для системи в термостаті нам треба, розв'язавши задачу Шрьодінгера, перебрати всі стани та побудувати величину $Z_N = \sum_n e^{-\beta E_n}$, що

зветься статистичною сумою і залежить від T , V , a і N . Вільна енергія, обчислена за формулою $F = -kT \ln Z_N$, з'являється як функція тих самих величин, у яких вона є характеристична функція. Отриманий алгоритм – канонічний формалізм Гіббса, а вищенаведений зв'язок F і Z_N – його основна формула. Якщо працювати з системою з уявними стінками, то задачу Шрьодінгера слід розв'язати для довільної кількості частинок у системі, після чого треба шукати велику статистичну суму

$Z = \sum_{N,n} e^{-\beta(\epsilon_{Nn} - \mu N)} = \sum_N e^{\beta \mu N} Z_N$, а потім обчислити $\Omega = -kT \ln Z$. За побудо-

вою великий термодинамічний потенціал Гіббса виявиться функцією T , V , a і μ , тобто матимемо характеристичну функцію. Цей алгоритм – великий канонічний формалізм Гіббса. Цікаво, що саме цей надзвичайно складний алгоритм вдається реалізувати в теорії квантових ідеальних газів.

Проблема підвищення ефективності пізнавального процесу давно цікавить авторів [13]. Загалом, труднощі, породжені недостатнім рівнем підготовки студентів, зберігаються вже не перше десятиліття. Рецепт боротьби зрозумілий – виділяти головне. А тоді доводиться давати відповідь на питання, що є головним. А відповідь залежить і від розділу курсу, і від контингенту слухачів. Можна сподіватися, що бачення студентами конкретної мети на кожному етапі курсу дозволить запобігти зведенню його до набору формул.

Література

1. Волкова Н. П. Тлумачний словник педагогічних термінів / Волкова Н. П., Лук'янова К. А., Квачук В. І. – Д. : ДДУ, 1995. – 84 с.
2. Енциклопедія освіти / Під ред. В. Г. Кременя – К. : Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.
3. Российская педагогическая энциклопедия. – М. : Большая российская энциклопедия, 1999. – Т. 2. – С. 197–198.
4. Леонтович М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика / Леонтович М. А. – М. : Наука, 1983. – 416 с.
5. Базаров И. П. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем / Базаров И. П., Геворкян Э. В., Николаев П. Н. – М. : МГУ, 1986. – 312 с.
6. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика / Квас-

ников И. А. – Т. 1. Термодинамика. Теория равновесных систем; Т. 3. Статистическая физика. Теория равновесных систем. – М. : УРСС, 2002.

7. Боголюбов Н. Н. Введение в аналитический аппарат статистической механики / Боголюбов Н. Н. (мл.), Ермилов А. Н., Курбатов А. М. – К. : Наукова думка, 1988. – 176 с.

8. Федорченко А. М. Теоретична фізика. Т. II. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика / Федорченко А. М. - К. : Вища школа, 1993. - 415 с.

9. Солдатова Є. Д. Термодинаміка критичного стану / Солдатова Є. Д. – Д. : ДДУ, 1995. – 72 с.

10. Соколовський О. Й. Посібник із термодинаміки та статистичної фізики / Соколовський О. Й., Лягушин С. Ф., Соколовський С. О. – Д. : РВВ ДНУ, 2005. – 48 с.

11. Лягушин С. Ф. Посібник із квантової механіки / Лягушин С. Ф., Соколовський О. Й. – Д. : РВВ ДНУ, 2005.– 36 с.

12. Соколовський О. Й. Додаткові розділи квантової теорії : навчальний посібник / Соколовський О. Й., Лягушин С. Ф. – Д. : РВВ ДНУ, 2006. – 116 с.

13. Лягушин С. Ф. Базові блоки інформації у викладанні дисциплін фізико-математичного циклу / Лягушин С. Ф., Половина М. Н. // Праці Всеукраїнської конференції «Актуальні проблеми викладання та навчання фізики у вищих освітніх закладах». – Львів : Ліга-Прес, 1999. – С. 120-121.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН» СТУДЕНТАМИ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ВНЗ

С.І. Маліновська

м. Кривий Ріг, Криворізький технічний університет

Одним із найбільш перспективних шляхів удосконалення підготовки майбутніх спеціалістів технічних напрямків є озброєння їх необхідними знаннями, практичними вміннями й навичками у зв'язку з питаннями виробничого процесу.

Курс «Теорія механізмів і машин» належить до загальноінженерних дисциплін і є науковою основою спеціальних курсів з проектування машин. Метою дисципліни в системі підготовки інженерів-механіків є засвоєння необхідного теоретичного матеріалу та набуття навичок дослідження і проектування сучасних механізмів з використанням ЕОМ, підготовка до майбутньої діяльності. Вивчення цієї дисципліни складається з лекційного матеріалу, виконання лабораторних робіт та практичних занять.

Після вивчення дисципліни студенти повинні знати основні види механізмів та їх кінематичні і динамічні характеристики; розуміти принцип роботи окремих механізмів та їх взаємодію в машині; вміти знаходити кінематичні і динамічні параметри механізмів і машин і оптимальні параметри проєктованих механізмів за заданими кінематичними і динамічними властивостями з використанням сучасної обчислювальної техніки; ознайомитись із сучасною технікою вимірювання кінематичних і динамічних параметрів машин.

Одним з головних напрямів покращення якості підготовки спеціаліста є його готовність до самостійної творчої діяльності, яка формується протягом навчання у вищому навчальному закладі. Самостійна робота студентів має спрямовуватися на реалізацію таких тісно пов'язаних завдань, як: розвиток у студентів самостійності, вміння здобувати знання та здатність студентів самостійно використовувати ці знання у практичній діяльності.

З дисципліни «ТММ» студенти виконують курсовий проєкт. Метою курсового проєкту є закріплення теоретичних знань з курсу «Теорія механізмів і машин» та набуття практичних навичок з проектування найбільш поширених механізмів. Курсовий проєкт складається з пояснювальної записки та графічної частини – чотирьох листів формату А1. Виконання курсового проєкту передбачає перш за все самостійну роботу студента під керівництвом викладача. Самостійна робота студентів у

технічному ВНЗ є найважливішим етапом усього процесу навчання і значною мірою визначає якість цього процесу.

Самостійна робота студента, як і будь-яка інша діяльність, передбачає ряд таких здібностей: вміння звертати увагу на мету завдання, розпізнання сутності основної умови задачі, кількості способів розв'язання задачі та обрання найбільш раціонального та навчитись логічно розмірковувати при виконанні завдання або курсового проекту. Використання сучасної обчислювальної техніки в процесі СРС є невід'ємним і раціональним елементом при виконанні курсового проекту.

Виконання курсового проекту з «ТММ» складається з таких розділів: структурний та кінематичний аналіз механізму, силовий аналіз механізму, синтез планетарного механізму, синтез кулачкового механізму.

Шестиланкові важільні механізми, зокрема механізми заданих схем, застосовують в металообробних, транспортних та інших технологічних машинах для перетворення обертального руху ведучої ланки в поступальний рух веденої ланки. Першочерговим завданням при цьому є забезпечення заданого закону руху вихідної ланки, тому завданням передбачене визначення кінематичних характеристик для всіх ланок та силовий аналіз механізму. Визначення кінематичних характеристик в курсовому проекті досягається застосуванням графічних та графоаналітичних методів, що характеризується наочністю та достатньою для практики точністю. Їх засвоєння створює передумови для свідомого застосування в майбутньому більш сучасних та складних аналітичних методів з використанням ПК.

При виконанні структурного та кінематичного аналізу механізму студенти після вивчення теоретичного матеріалу та виконання лабораторної роботи можуть самостійно виконати цей розділ, але викликає труднощі побудова плану прискорень. Тому на цьому питанні акцентується увага на консультаціях, які також проводяться викладачами. Складніше студентам самостійно виконувати силовий аналіз механізму, але при викладанні теоретичного курсу лектор викладає силовий аналіз окремих груп Ассура. Студенту залишається самостійно зробити силовий аналіз для тих груп Ассура, з яких складається механізм.

Планетарний механізм призначається для зниження швидкості обертання при передачі його від двигуна до вихідної (веденої) ланки. Метод проектування за основними критеріями існування механізму, використаний в курсовому проекті, дозволяє широко застосувати ПК для вирішення задачі мінімізації габаритів планетарного редуктора.

При виконанні синтезу планетарного механізму викликає труднощі у студентів креслення евольвентного зачеплення. На кафедрі теоретичної та прикладної механіки КТУ викладачами розроблені методичні вка-

зівки для виконання синтезу евольвентного зачеплення. Крім того, в теоретичному курсі при розгляді теми «Зубчасте зачеплення» студенти виконують лабораторну роботу по синтезу евольвентного зачеплення, яка допомагає студентам виконувати це креслення в курсовому проекті.

Графічний синтез евольвентного зовнішнього зачеплення дозволяє ознайомитись з вимогами державних стандартів, розрахувати геометричні параметри евольвентного профілю та визначити якісні характеристики зачеплення за його графічним зображенням. Синтез кулачкового механізму дозволяє ознайомитись з методом побудови профілю кулачка, щоб забезпечити задану діаграму прискорень, і з методом визначення мінімального радіуса кулачка за критерієм заданого кута тиску.

Синтез кулачкового механізму не викликає труднощів в частині інтегрування кінематичних діаграм, оскільки диференціювання кінематичних діаграм було розглянуто і зроблено на першому листі курсового проекту. На цьому листі ми маємо зворотній процес. При знаходженні мінімального радіуса кулачка та профілюванню кулачка за допомогою методичних вказівок з синтезу кулачкового механізму, які також є на кафедрі ТПМ КТУ студенти здатні самостійно виконати четвертий лист курсового проекту.

Останній час деякі студенти, які обізнані з САПР «Компас», самостійно виконують графічну частину проекту на ПК. Спостерігаючи цей процес, треба сказати, що студентам набагато цікавіше виконувати графічну частину курсового проекту у цій системі, ніж виконувати креслення олівцем.

При захисті курсового проекту студент повинен демонструвати і знання теоретичних положень, на базі яких виконувалася дослідження та інженерні розрахунки; вміння аналізувати варіанти і аргументовано відстоювати прийняті рішення. В цілому, виконання курсового проекту ефективно закріплює теоретичний матеріал майже по всім розділам курсу «Теорія механізмів і машин».

Література

1. Маліновська С. І. Активізація навчально-пізнавальної діяльності студентів в процесі навчання курсу “Теорія механізмів і машин та деталі машин” / Маліновська С. І. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. – Випуск 4. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2004. – Т. 2. – С. 310-312.

2. Петрук В. А. Теоретично-методичні засади формування професійної компетентності майбутніх фахівців технічних спеціальностей у процесі вивчення фундаментальних дисциплін : монографія / Петрук В. А. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 293 с.

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИКЛАДАННІ АСТРОНОМІЇ

С.Л. Мальченко, С.М. Голоденко

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
SLMalchenko@gmail.com

Останнім часом спостерігається підвищений інтерес до астрономії серед самих різних верств сучасного суспільства, і це говорить про те, що її досягнення й відкриття цікавлять не тільки дослідників. Тим не менше в школах та ВНЗ приділяється недостатньо уваги астрономії та формуванню цілісної наукової картини світу.

Яким має бути місце астрономії і яку роль вона повинна відігравати в системі сучасної загальної освіти? Відомий радянський астрофізик І.С. Шкловський виразив значення й відмінну рису астрономії так: «...астрономія завжди займала абсолютно особливе місце в "інтелектуальній історії" людства. Хоча значення астрономічних знань для суспільної практики за всіх часів було дуже велике (згадаймо усі світові календарі, способи навігації тощо) головне значення астрономії полягало в тому, що вона насамперед визначала основи світогляду різних епох і народів» [2].

У наш час астрономія переживає епоху стрімкого розвитку. На другу половину ХХ і початок ХХІ століть припала чергова революція в цій науці, яка пов'язана з технічним розвитком та підвищенням чутливості телескопів й їх виводом за межі атмосфери. Нові дослідження дають змогу просунутись в розумінні еволюції як окремих зірок так і Всесвіту загалом. Це, в свою чергу, впливає на формування світогляду людства.

По суті, астрономія – це єдиний загальноосвітній предмет, що синтезує знання з галузей природничих і суспільних наук. Вона охоплює всю систему «природа – людина – техніка». Крім власне астрономічних знань, до її змісту входять дані з інших наукових дисциплін: фізики, хімії, космонавтики, історії, географії, етнографії тощо. Як зазначав ще Анрі Пуанкаре, «Астрономія корисна тому, що вона підносить нас над нами самими; вона корисна тому, що вона велична; корисна тому, що вона прекрасна. Саме вона вказує нам, якою нікчемною є людина тілом і яка вона велична духом, бо її розум у змозі обійняти безодні, де тіло є лише темною цяткою...». Про роль астрономії в житті суспільства, про її внесок у загальнолюдську культуру висловлювали думки багато видатних особистостей – І. Кант, М. Коперник, Г. Галілей, М.В. Ломоносов та багато ін.

Шкільний курс астрономії формує в учнів комплексне, системне й

соціально орієнтоване уявлення про Всесвіт. А це багато в чому сприяє оволодінню ними астрономічною культурою – невід’ємної складової загальнолюдської культури.

Астрономія – одна з природничих наук, якою особливо захоплюються школярі. Вона переплітається з питаннями, які вивчаються на уроках фізики. Наприклад, добовий та річний рух Сонця, Землі й інших небесних тіл можна пов’язати з вивченням механічних явищ у VII класі; фізичні умови на планетах Сонячної системи можна розглядати при вивченні теплових явищ у VIII класі. Відомості про магнітне поле Землі, електромагнітні явища, що відбуваються в атмосфері Землі, учні можуть одержати при вивченні теми «Електричні явища» [1].

Особливість курсу астрономії в тому, що вона немислима без спостережень і наочної допомоги, а також у тому, що цей курс повинен повідомляти учням найбільш сучасні знання про Всесвіт, знайомити їх з основними ідеями, засвоєння яких сприятиме подальшому здобуттю знань у процесі самоосвіти, орієнтуючи випускників у величезному потоці наукової інформації [3]. Тому для розв’язання завдань, що стоять перед курсом астрономії, слід використовувати різноманітні методичні засоби й новітні інформаційні технології, збільшувати частку самостійної роботи учнів у навчальному процесі, що стимулює розвиток їх пізнавальних інтересів і дає простір для уяви учнів.

Розвиток сучасної науки неможливий без всебічного використання комп’ютерних методів обробки інформації. Комп’ютер у навчальному процесі на сьогоднішній день є не тільки об’єктом для вивчення, а й потужним засобом навчання. Використання інформаційних технологій у навчальному процесі сприяє активізації пізнавального інтересу учнів, розвитку їх творчого мислення. Головною метою використання школярами обчислювальної техніки при вивченні природничих наук є використання її для практичних потреб під час навчального процесу, зокрема, і з астрономії [1]. Для засвоєння учнями астрономії вчителів досить часто доводиться вдаватися до наочної допомоги: картинок, схем, карт зоряного неба, фільмів, слайдів тощо. Усе це об’єднують у собі комп’ютерні технології. Різноманітність сайтів, присвячених астрономії, дозволяє постійно поповнювати наочну допомогу, оновлювати їх [3].

Використання комп’ютерних презентацій на уроках астрономії виправдане, перш за все, в тих випадках, коли виникає суттєва перевага в порівнянні з традиційними формами навчання. Одним з таких випадків є використання комп’ютерних моделей в учбовому процесі.

Робота з інтерактивною презентацією відкриває перед учнями величезні пізнавальні можливості, роблячи їх не лише спостерігачами, але і активними учасниками навчальних експериментів. Крім того, завдання

творчого характеру істотно підвищують зацікавленість учнів у вивченні астрономії і є додатковим мотивуючим фактором. Для розвитку пізнавальних здібностей учнів велике значення має накопичення уявлень про об'єкти реальної дійсності, бо без конкретних уявлень неможливе і формування наукових понять. Велика база даних покликана допомогти у формуванні якнайповніших, багатших вмістом образних уявлень учнів. Тому важливим моментом в електронній презентації є використання зображень, анімацій і відеофрагментів.

Виходячи з необхідності осучаснення викладання астрономії в середній школі і враховуючи високий пізнавальний інтерес учнів до неї, в даній роботі наведений приклад використання інформаційних технологій на уроці астрономії за темою «**Зорі. Зоряна величина. Світність зір**».

На представленому занятті презентація може використовуватися як складник комбінованого уроку із застосуванням телекомунікаційних технологій, так і як посібник для самостійної роботи учнів.

Мета уроку:

1) *дидактична*: познайомити з різноманітністю світу зір, ввести і закріпити поняття світності і абсолютної зоряної величини як важливих характеристик зір, з'ясувати принципи визначення відстаней до зір;

2) *розвивальна*: формувати уміння підбирати літературу і виділяти головне з великого об'єму матеріалу; розвивати уміння працювати з аудиторією; розвивати уміння проводити аналіз і самоаналіз робіт учнів; закріплювати уміння робити презентації із заданої теми з використанням сучасних програмних засобів і периферійних пристроїв;

3) *виховна*: продовжити формування природничо-наукового світогляду; прищеплювати естетичний смак в оформленні робіт; продовжити розвиток творчих здібностей учнів.

Обладнання:

1) *технічне оснащення*: комп'ютери, мультимедійний проектор, компакт-диски з програмами та відео фрагментами;

2) *програмне забезпечення*: текстовий редактор, редактор презентацій, Web-браузер, «Відкрита астрономія», «Астрономія 11 клас»;

3) *наочні посібники*: таблиця «Зорі», «Спектральна класифікація зір»; демонстраційна карта зоряного неба, презентації вчителя й учнів.

План уроку:

1. Постановка мети і завдань.

2. Вивчення нового матеріалу: яскравість і колір зір; спільність і різноманітність їх спектрів і температур; світність зорі як одна з основних характеристик; абсолютна зоряна величина і порівняння світності зір; виведення зв'язку між видимою і абсолютною зоряною величиною; ро-

бота з програмою «Відкрита астрономія»; робота з таблицею «Основні відомості про найбільш яскраві зорі»; робота з презентацією.

3. Закріплення нових знань: перевірка засвоєння матеріалу.

4. Підсумок уроку.

ХІД УРОКУ

1. Постановка мети і завдань.

Що ж таке зорі? Їх таємниці ми почнемо вивчати сьогодні.

Тема нашого уроку: «**Зорі. Зоряна величина. Світність зір**».

Сьогодні на уроці ми: почнемо знайомитися з розмаїттям світу зір; з'ясуємо, що таке світність зорі і абсолютна зоряна величина; продовжимо вчитися проводити самоаналіз і аналіз робіт.

Для цього ви будете: на карті знаходити зорі; порівнювати зоряні величини і блиск зір; проглянете презентації.

2. Вивчення нового матеріалу.

Для розвитку просторового мислення та уявлення корисно викладання матеріалу з даної теми супроводжувати демонстраціями. При цьому першу і більшу частину нового матеріалу розповідає вчитель. Хоча можна підготувати більш детальну презентацію й надати учням можливість самостійно переглянути її й вивчити нову тему. Але це за умов, що у кожного учня є окремий комп'ютер. В більшості ж шкіл такої можливості немає, тому учитель пояснює матеріал й доповнює розповідь картинками й відеофрагментами. Які картинки й відео можна використати? Перш за все порівняльні картини, наприклад розмірів планет, сонця й зір, відстані від Землі до найдальшої галактики чи туманності та таку ж таблицю в зворотному напрямі, аж до розмірів одного атома. Учням важко уявити астрономічні відстані та розміри зір, тому в порівнянні складається більш стійка й точна картина будови Всесвіту. Крім того, можна показати таблицю характеристик зір й наглядне порівняння зір різного спектрального типу і класу. Крім того, можна супроводжувати розповідь й іншими картинками чи відео.

Наведемо приблизний зміст навчального матеріалу.

Зорі – самосвітні небесні тіла, за своєю природою схожі з Сонцем. Здаються крапками, що світяться, лише унаслідок їх великих відстаней від Землі: навіть найближча зоря – Проксима Центавра – знаходиться в 271 тис. разів далі, ніж Сонце. Зорі утворюють в просторі величезні зоряні системи – галактики. До складу нашої Галактики (до якої належить Сонце) входить більше 100 млрд. зір. Окрім одиночних зір, в Галактиках зустрічаються зоряні скупчення (розсіяні і кульові) і зоряні асоціації, розсіяні групи загального походження. Часто зустрічаються подвійні зорі, а також потрійні і так звані кратні зоряні системи. Можна спостерігати велике число змінних зір, блиск яких періодично змінюється. Роз-

маїття в світі зір дуже велике. Деякі зорі в мільярди разів перевищують за об'ємом Сонце (зорі-гіганти), інші – в десятки мільйонів разів менше його (зорі-карлики). Світність цих зір також значно відрізняється від сонячної (відповідно вище і нижче за неї).

Одноєю з основних характеристик зорі є її блиск (зоряна величина). Із зменшенням блиску зростає число зір, доступних для спостереження. На зоряні карті нанесені всі зорі яскравіші за 11-ту зоряну величину. Яскраві зорі мають малу зоряну величину, слабкі зорі мають більше значення. Слідуючи Гіппарху, зоряну величину джерела умовилися вважати більшою у менш яскравій зорі. В середині XIX століття англійський астроном Норман Погсон запропонував сучасну шкалу зоряних величин. **Абсолютною зоряною величиною** M називається видима зоряна величина, яку мала б зоря, якби знаходилася від нас на відстані $D_0 = 10$ пс.

Однак, видима зоряна величина нічого не говорить про справжню потужність її випромінювання – світність зорі. **Світністю зорі** L називається повна кількість енергії, що її випромінює зоря з усієї поверхні за одиницю часу. Її звичайно вимірюють у світностях Сонця. Величини L і M легко обчислити, якщо відомі відстань до зорі D і паралакс p . Насправді, блиск джерела світла змінюється обернено пропорційно до квадрата відстані.

Абсолютні величини дуже яскравих зір від'ємні і доходять до $M = -8$, а інколи і вище. Такі зорі називаються гігантами та надгігантами. Зоря S Золотої Риби яскравіше за наше Сонце в 500 000 разів, її світність $L = 500\,000$, і видно її в південній півкулі неба лише в сильний бінокль. А наше Сонце вважається зорею-карликом! Найменшу світність мають холодні червоні карлики з $M = 17$ і $L = 0,000\,013$.

Вивчення спектрів зір дозволяє визначити хімічний склад їх атмосфер. Зорі складаються з тих же хімічних елементів, що і всі тіла на Землі. Переважають в зорях водень і гелій (разом більше 90% по масі). Спектральні особливості зір в основному визначаються температурою їх поверхні. На цьому заснована спектральна класифікація зір, прийнята в астрономії. Порівняння даних про зовнішні шари зір, доступних спостереженням (температура, хімічний склад), із загальними законами фізики дозволило побудувати теорію внутрішньої будови зір і джерел їх енергії. За сучасними переконаннями зорі світять унаслідок того, що в їх надрах відбуваються реакції перетворення водню в гелій із вивільненням атомної енергії. Оскільки в зірках багато водню, то за рахунок цих реакцій звичайна зірка може випромінювати енергію мільярди років. В ході еволюції зорі її хімічний склад повільно змінюється, при цьому від початкових розмірів та складу зорі й залежить напрям еволюції зорі.

Існують зорі однакової температури і кольору, але з різною світніс-

тю. У таких зорях спектри загалом однакові, проте спостерігається різна відносна інтенсивність деяких ліній. Це відбувається через те, що при однаковій температурі тиск в їх атмосферах дещо різний. Атмосфера зір-гігантів більш розріджена, а тиск – менший.

3. Виступ учнів з доповідями-презентаціями «типи зір» – цей матеріал готують два-три учні, в залежності від виділеного часу. Учні заздалегідь готують презентації, за де кілька днів показують вчителю, який корегує виступ, допомагає вибрати саме той матеріал, який потрібно розповісти іншим учням. Крім того, учитель повинен проконтролювати вміння розповідати й точно передати суть цих питань. Учням надається приблизно 5 хвилин, вони розповідають за допомогою демонстрацій нову тему, а інші учні слухають й роблять записи у зошиті. Виступаючі готують по два-три питання з теми виступу для своїх однокласників, про що попереджують їх заздалегідь.

4. Закріплення нових знань: для перевірки засвоєння матеріалу на також можна використовувати комп'ютер. Якщо закріплення буде у вигляді письмового тесту, то питання можна виводити на екран і паралельно їх повторювати вголос. Або показати декілька найголовніших слайдів-картинок, які демонструвалися протягом уроку й задавати по них питання. Якщо є можливість щоб у кожного учня був окремий комп'ютер, то перевірити засвоєння знань можна використовуючи комп'ютерні тести з варіантами відповідей. Учень самостійно читає питання й обирає вірну, на його думку, відповідь, а комп'ютерна програма показує ступінь засвоєння нового матеріалу та питання які учневі потрібно буде вивчити самостійно.

5. Підсумок уроку. Якщо на уроці новий матеріал викладали декілька осіб, або частину учні вивчали самостійно, то обов'язково потрібно в кінці підвести підсумки вивченому й наголосити, що найважливіше учні повинні запам'ятати на даному уроці.

Епіграфом до нашого сьогоднішнього уроку взяті слова: «Навчатися можна тільки весело... Щоб знання добре засвоїлись, їх потрібно куштувати з апетитом». (А. Франс) Як ви думаєте, сьогоднішній урок допоміг нам це зробити?

У викладанні астрономії застосовувати інформаційні технології можна в різних напрямках і варіантах. Інтерактивна презентація передбачає реалізацію індивідуального підходу до виучуваного, обліку індивідуальних можливостей сприйняття запропонованого навчального матеріалу. Індивідуальний підхід може забезпечуватися різними засобами наочності, декількома рівнями диференціації при пред'явленні навчального матеріалу за складністю, об'ємом, змістом. Різні учні через свої індивідуальні особливості сприймають найкраще інформацію, представлену різ-

ними способами. Хтось краще сприймає фотографії, хтось схеми або таблиці і так далі. Тому комбінований урок з використанням комп'ютерних презентацій дозволяє оптимізувати процес навчання.

В результаті аналізу проведених занять астрономії з використанням комп'ютерних технологій можна зробити такі висновки: використання комп'ютерних технологій підвищує ефективність навчання, розвиває здатність комбінувати набуті уміння й навички; комплексне використання комп'ютерних програмних засобів є ефективним засобом розвитку пізнавальних інтересів учнів.

Література

1. Курбатов Ю. А. Методика викладання астрономії з використанням інформаційних технологій / Ю. А. Курбатов, О. М. Голоденко // Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова. Серія №5 : Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Вип.1 2 : зб. наук. пр. / за ред. П. В. Дмитренка, В. Д. Сиротюка. – К. : Вид-во НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2008. – С. 169-173.
2. Шкловский И. С. Размышления об астрономии, ее взаимосвязи с физикой и технологией и влиянии на современную культуру / И. С. Шкловский // Вопросы философии. – 1969. – №5. – С. 52-62.
3. Кожевнікова І. М. Використання комп'ютерних технологій на уроках астрономії / І. М. Кожевнікова, О. М. Ткаченко // Інформатика в школі. – 2009. – №4 (4) квітень. – С. 28-31.

К ВОПРОСУ О ДЕЙСТВИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА НАМАГНИЧЕННЫЕ ТЕЛА

Р.М. Менумеров

г. Симферополь, Крымский инженерно-педагогический университет
erejer@inbox.ru

В научной и, особенно, в методической литературе встречаются описания ряда демонстрационных экспериментов, раскрывающих особенности силового взаимодействия магнитов и электрических токов. Наиболее эффективным из них является круговое движение магнита (или одного из его полюсов) в поле прямолинейного участка электрической цепи. Впервые подобный опыт был поставлен Фарадеем и вызвал особенный интерес и удивление. Например, читаем «... в 1821 г. Фарадей, величайший гений эксперимента, заставил магнит непрерывно вращаться вокруг проводника с током и таким образом, по существу построил первый электромотор» [1], или «... ему удалось обеспечить действие тока на один из полюсов магнита» [2].

Содержание опыта Фарадея, как классического, изложено во многих учебниках физики и его рассматривают как одну из экспериментальных основ учения об электромагнетизме [2–4]. Напомним, что в «приборе Фарадея» (схема которого изображена на рис. 1) наблюдалось круговое движение одного из полюсов магнита вокруг прямолинейного проводника с током. При этом другой полюс находился на оси тока. В том или ином варианте подобные опыты излагаются в других методических руководствах, призванных продемонстрировать действие электрического тока на намагниченные тела [3–4].

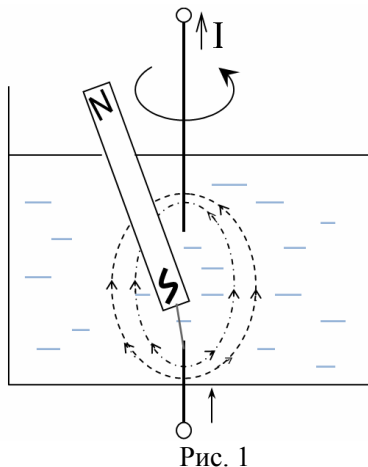


Рис. 1

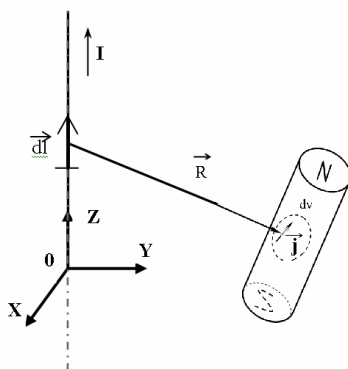


Рис.2

Указанные опыты многими авторами интерпретируются как результат действия магнитного поля тока, текущего в прямолинейном проводнике, на расположенный вблизи магнит. Разъясняют, что именно действием этого поля вызывается непрерывное вращение магнита вокруг продольной оси проводника. При этом предполагают, что силы, приложенные к полюсу магнита, создают механический момент отличный от нуля и являются причиной непрерывного вращения последнего вокруг проводника с током. Однако эта мысль не подкрепляется необходимыми вычислениями и авторы ограничиваются по сути дела качественными рассуждениями.

Приведем расчет указанной электродинамической системы (токов и магнитов), используя фундаментальные законы электромагнетизма и идею эквивалентности намагниченных тел замкнутым электрическим токам, которая сводится к утверждению, что «... силы, испытываемые магнетиками в магнитном поле, должны сводиться к силам, испытываемым молекулярными токами» [5].

Пусть в выделенном элементарном объеме dV магнита течет ток (молекулярный ток) произвольного направления с плотностью \vec{j} (рис. 2). Магнитное поле тока I , проходящего в неподвижном прямом проводнике (ось которого совпадает с осью OZ), действует на элемент электрического тока с плотностью \vec{j} , заключенного в объеме dV с силой

$$d\vec{F} = [\vec{j}\vec{B}]dV$$

Элемент тока $I d\vec{l}$ создает в окрестности элементарного объема dV , согласно закону Био-Савара, магнитное поле с индукцией

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_l \frac{[d\vec{l}, \vec{R}]}{R^3}$$

Момент силы $d\vec{F}$ относительно точки, совпадающей с элементом тока $I d\vec{l}$ равен $d\vec{M} = [\vec{R}, d\vec{F}]$, а полная сумма моментов сил, приложенных к объему магнита V относительно оси OZ,

$$\vec{M} = \int_v [\vec{R}, d\vec{F}] = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^3} \int_v \left[\vec{R} \left[\vec{j} \left[d\vec{l}, \vec{R} \right] \right] \right] dV$$

Учитывая, что $[\vec{j} [d\vec{l}, \vec{R}]] = d\vec{l} (\vec{j}\vec{R}) - \vec{R} (\vec{j}d\vec{l})$, получаем

$$\vec{M} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^3} \int_v \left([\vec{R}, d\vec{l}] (\vec{j}\vec{R}) - [\vec{R}\vec{R}] (\vec{j}d\vec{l}) \right) dV$$

Легко видеть, что второе слагаемое в подынтегральном выражении

равно нулю: $[\vec{R}, \vec{R}] = 0$, а первое – образует вектор, имеющий составляющую только по оси ОХ. Действительно, выражая векторное произведение $[\vec{R}, d\vec{l}]$ через проекции перемножаемых векторов, получаем

$$[\vec{R}, d\vec{l}] = (ydz - z0)\vec{i} - (x0 - z0)\vec{j} + (x0 - y0)\vec{k} = ydz\vec{i} = ydl\vec{i} = R_y dl\vec{i}.$$

Таким образом, силы, действующие на магнит со стороны прямолинейного участка цепи тока, не создают механический (вращающий) момент относительно оси этого тока. В связи с этим, можно утверждать – *при каком угодно практически осуществимом распределении тока j в объеме V постоянного магнита магнитное поле тока I не будет вращать данный объем вокруг оси ОZ*, ток может быть замкнутым или течь в отрезке магнита за счет сторонних сил.

Для объяснения причины вращения магнита необходимо иметь в виду некоторые сопутствующие эксперименту факторы. На участке электрической цепи в жидкости (электролите), кроме прямого тока I , неизбежно текут сильные боковые токи (на рис. 1 показаны пунктиром). Магнит располагается между искривленными линиями этих токов, распределенных в жидкости. Движение совершается вследствие взаимодействия магнита с обтекающими токами. Результат опыта нетрудно предвидеть, заменяя магнит эквивалентной системой кольцевых токов, текущих по его боковой поверхности, перпендикулярно к ее образующим. Такая замена вполне соответствует современным представлениям о природе магнетизма – поскольку «действие всех молекулярных токов эквивалентно действию поверхностного тока, обтекающего магнит» [5].

Литература

1. Липсон Г. Великие эксперименты в физике / Липсон Г. – М. : Мир, 1972. – 216 с.
2. Кудрявцев П. С. Курс истории физики : учеб. пособие для студ. пед. институтов по физ. спец. / Кудрявцев П. С. – М. : Просвещение, 1982. – 448 с.
3. Лекционные демонстрации по физике. Изд. 2-е, переработ. / Грабовский М. А., Млодзевский А. Б., Телеснин Р. В., Шаскольская М. Т., Яковлев М. А. ; под ред. В. И. Ивероновой. – М. : Наука, 1982. – 640 с.
4. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству / Майкл Фарадей. – Т. II. – М. : Изд. АН СССР, 1951. – 360 с.
5. Тамм И. Е. Основы теории электричества. 10-е изд. испр. и доп. / Тамм И. Е. – М. : Наука, 1989. – 504 с.

МЕХАНІЧНО З'ЄДНАНІ МОЛЕКУЛИ ЯК НАНОРОЗМІРНІ МАШИНИ

П.В. Мерзликін

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
linuxoid@ukr.net

Основною тенденцією в електроніці в наш час є прагнення до зменшення ваги і розміру використаних компонентів наскільки це можливо, особливо в галузі інформаційних технологій. Великий інтерес для нанонауки представляє проектування, створення і експлуатація приладів і машин на молекулярному рівні. Це призвело до виникнення окремої галузі – молекулярної електроніки. Цікавими кандидатами для створення молекулярних машин є механічно з'єднані молекули.

Ротаксани і катенани – приклади з'єднаних молекул. Ці компаунди отримали свою назву від латинських слів *rota* і *axis*, що означає «колесо» і «вісь», а також *catena*, що означає «ланцюг». На відміну від класичних молекулярних структур, вони складаються з двох або більше окремих компонентів, які не з'єднані хімічно. Однак такі структури є молекулами (а не надмолекулярними структурами), оскільки кожен компонент з'єднаний з іншим механічним зв'язком, який не дає роз'єднати таку структуру без розриву хімічних зв'язків.

Катенани складаються з двох або більше з'єднаних макроциклічних кілець. Рис. 1 містить схематичне зображення [2]-катенану. Число в квадратних дужках показує кількість механічно з'єднаних компонентів – в даному випадку 2 кільця. Якщо обидва кільця однакові, то молекула є гомоциклічним катенаном, якщо ж кільця різні, то це гетероциклічний катенан.



Рис. 1. Схематичне зображення [2]-катенану

Ротаксани складаються з макроциклічних «кілець», надітих на «вісь», що має масивні заглушки на кінцях. Рис. 2 містить схематичне зображення [2]-ротаксану.

Катенани є топологічними ізомерами їх нез'єднаних компонентів, оскільки неважливо, як сильно розтягувати, обертати або деформувати

кільця – вони не можуть бути роз'єднані без розриву одного з кілець. З іншого боку, ротаксани не є топологічними ізомерами їх роз'єднаних компонентів, оскільки, розтягуючи кільце (очевидно, це можливо лише математично, а не фізично), можна зняти його зі стержня.

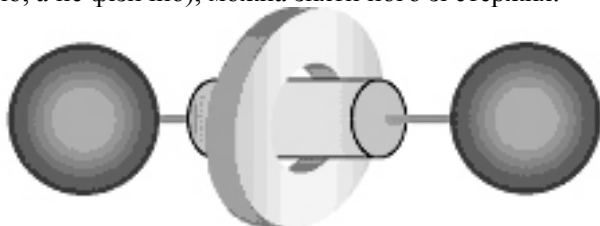


Рис. 2. Схематичне зображення [2]-ротаксану

До початку 80-х більшість хіміків вважали, що катенани, ротаксани та інші замкнені системи представляють лише академічний інтерес і не мають перспектив для практичного застосування. Із розвитком надмолекулярної хімії вчені змогли застосувати нові знання про нековалентну взаємодію до хімічного синтезу, і на сьогодні розроблені способи одержання катенанів, ротаксанів та інших цікавих структур [1–3].

В направленому синтезі катенанів, згідно схеми Шилла [4], формуються кільця на основі спільного центру, а потім видаляються перемички. Спочатку слід було оцінити мінімальний розмір кілець, для яких можливе таке взаємне замикання. Розрахунок показав, що вони повинні містити не менше 20 атомів вуглецю, інакше кільця будуть «занадто тісними» і не зможуть вільно переміщуватись. Логіка синтезу ротаксанів і катенанів приблизно однакова.

Пристрої на основі катенанів і ротаксанів знаходять застосування в молекулярній електроніці. На їх основі можуть бути побудовані молекулярні машини [5; 6]. Компоненти таких систем можуть рухатися один відносно одного, займаючи різні положення в просторі, причому такий рух може контролюватися зовнішнім впливом. Найбільший інтерес представляє переміщення (так зване човникове переміщення) кільця ротаксану вздовж вісі, а також обертання кільця (рис. 3). Тому ротаксани є гарними прототипами для побудови як лінійних, так і обертових молекулярних двигунів.

Якщо контролювати позицію кільця, то можна використовувати ротаксан, як молекулярний перемикач, який може знаходитися в кількох положеннях. Такі молекулярні машини можуть керуватися хімічно [7] або фотохімічно [8]. На рис. 4 зображено ротаксан, що може використовуватись як логічний елемент XOR [9].

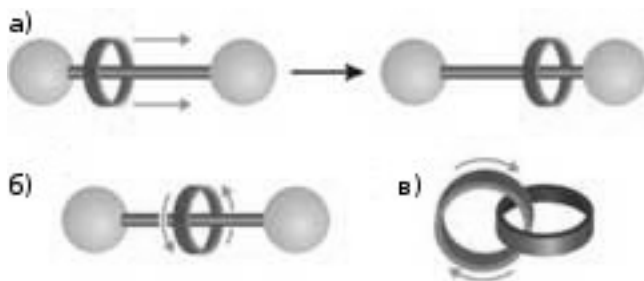


Рис. 3. Схематичне зображення міжкомпонентного руху в з'єднаних молекулах: а) човниковий рух в ротаксанах; б) кільцевий рух в ротаксанах; в) кільцевий рух в катенанах

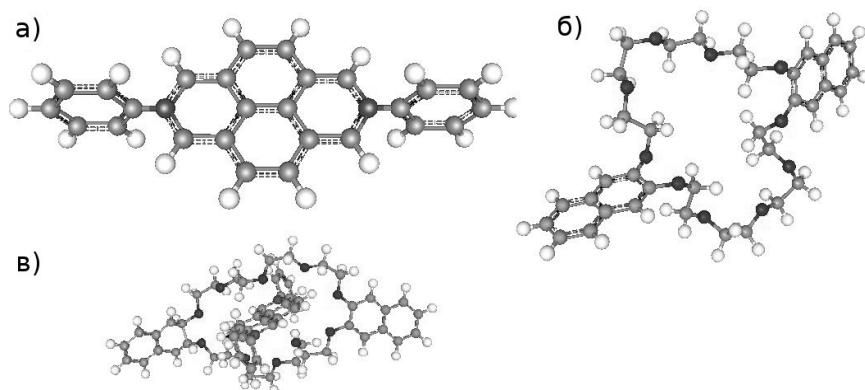


Рис. 4. Ротаксан як логічний елемент XOR, що працює завдяки руху молекулярного «кільця» вздовж «вісі»: а) молекулярна «вісь»; б) молекулярне «кільце»; в) молекулярне «кільце» навколо «вісі»

Таким чином, поширення поняття приладу або машини на нанорозмірні об'єкти – захоплююча проблема для дослідження. Розгляд молекулярних і супрамолекулярних частинок в якості машин молекулярного світу вводить нові поняття в хімію і фізику.

Швидкий ріст цієї галузі дослідження дає привід сподіватися, що практичне використання молекулярних приладів і машин відбудеться не в надто віддаленому майбутньому.

Література

1. Dietrich-Buchecker C. O. / C. O. Dietrich-Buchecker, J.-P. Sauvage // Chem. Rev. – 1987. – 87. – P. 795.
2. Anderson S. / S. Anderson, H. L. Anderson, J. K. M. Sanders // Acc.

Chem. Res. – 1993. – 26. – P. 469.

3. Fyfe M. C. T. / M. C. T. Fyfe, J. F. Stoddart // *Acc. Chem. Res.* – 1997. – 30. – P. 393.

4. Шилл Г. Катенаны, ротаксаны и узлы / Г. Шилл. – М. : Мир, 1973. – 212 с.; Соколов В. И. Введение в теоретическую стереохимию / В. И. Соколов. – М. : Наука, 1982. – 244 с.

5. Schalley C. A. On the Way to Rotaxane-Based Molecular Motors: Studies in Molecular Mobility and Topological Chirality / C. A. Schalley, K. Beizai, and F. Vögtle // *Acc. Chem. Res.* – 2001. – 34 (6). – P. 465–476.

6. Sauvage J. P. Transition Metal-Containing Rotaxanes and Catenanes in Motion: Toward Molecular Machines and Motors / J. P. Sauvage // *Acc. Chem. Res.* – 1998. – 31 (10). – P. 611–619.

7. Coutrot F. A New Glycorotaxane Molecular Machine Based on an Anilinium and a Triazolium Station / F. Coutrot, E. Busseron // *Chem. Eur. J.* – 2008. – 14. – P. 4784–4787.

8. Serreli V. Exercising Demons: A Molecular Information Ratchet / V. Serreli, C.-F. Lee, E. R. Kay and D. A. Leigh // *Nature* – 2007. – 445. – P. 523–527.

9. Logic Operations at the Molecular Level. An XOR Gate Based on a Molecular Machine / Alberto Credi, Vincenzo Balzani, Steven J. Langford, and J. Fraser Stoddart // *J. Am. Chem. Soc.* – 1997. – 119(11). – P. 2679–2681.

ВВЕДЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І ЗАКОНІВ СТАЦІОНАРНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ ІЗ ЗАГАЛЬНИХ РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ПОЗИЦІЙ

І.О. Мороз

м. Суми, Сумський державний педагогічний університет
імені А.С. Макаренка
teorfiz09@rambler.ru

Історично розвиток науки про магнітні явища базувався на дослідженні взаємодії провідників зі струмом. Як відомо, у 1822 році Ампер, виконуючи величезну кількість експериментів, встановив закон взаємодії провідників зі струмом. Потім по аналогії з електростатикою у науку було введено поняття про магнітне поле і його силову характеристику – індукцію магнітного поля.

Традиційно у навчальних посібниках і при викладені теорії стаціонарного магнітного поля у ВНЗ встановлений Ампером закон взаємодії струмів і закон Біо-Савара-Лапласа разом із законом Кулона, розглядаються як фундаментальні закони природи. Проте після виникнення СТО і релятивістської механіки з'явилася можливість розглянути магнітні явища з більш загальних позицій.

В даній роботі пропонується новий методичний підхід до викладення у навчальних курсах теорії стаціонарного магнітного поля, в якій закон Ампера, закон Біо-Савара-Лапласа і всі висновки, які з них витікають, можуть бути одержані як наслідки інших фундаментальних експериментальних законів і теоретичних положень. Це в більшій мірі відповідає сучасним тенденціям розвитку фізичної науки, яка прагне опиратися на можливо меншу кількість базисних постулатів.

Будемо виходити із наступних фундаментальних положень:

1. Справедливий закон Кулона.
2. Справедливий закон збереження заряду, який стверджує не лише збереження алгебраїчної суми зарядів замкнутої системи, але й інваріантність заряду, тобто незалежність його величини від вибору системи відліку.
3. Справедливі постулати Ейнштейна і релятивістські наслідки із них, які описують властивості простору та часу. Тут ми будемо використовувати те, що:
 - а) поперечні розміри тіл однакові у всіх інерціальних системах відліку, а подовжні розміри рухомих тіл скорочуються у відношенні (скорочення Лоренца):

$$l = l' \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}},$$

де u – швидкість тіла, а значить і системи відліку, пов'язаної з цим тілом, c – швидкість світла у вакуумі, l' – повздовжній розмір тіла у власній системі координат, l – повздовжній розмір у системі відліку, відносно якої тіло рухається;

б) енергія та імпульс частинки утворюють єдиний 4-імпульс, який при переході в іншу систему відліку перетворюється за стандартними правилами СТО. Із них витікає, що поперечні компоненти імпульсу не змінюються при переході від однієї системи відліку до іншої:

$$p_y = p'_y, p_z = p'_z;$$

в) моменти часу t і t' настання деякої події у різних системах відліку, які рухаються з відносною швидкістю u , перераховуються за формулою:

$$t' = \frac{t - \frac{xu}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}},$$

де x – координата події в умовно нерухомій інерціальній системі відліку.

1. Сила Лоренца. Магнітне поле рухомого заряду

В якості моделі будемо розглядати точковий заряд q і нескінченно довгу прямолінійну рівномірно заряджену нитку, розташовану уздовж осі Ox деякої інерціальної системи відліку, яку позначимо буквою K (рис. 1). Нехай нитка і точковий заряд q рухаються у вакуумі відносно цієї системи відліку відповідно із швидкостями \vec{u} і \vec{v} вздовж осі Ox . Для визначеності будемо вважати, що точковий заряд q рухається в площині xu . Із зарядженою ниткою зв'яжемо систему відліку K' (вісь x' направлена вздовж нитки, осі y і y' , z і z' паралельні), тобто у цій системі відліку нитка нерухома. Відзначимо, що якщо $\vec{u} = \vec{v}$, то заряд q відносно K' системи теж нерухомий. Таким чином, система K' рухається відносно K системи з швидкістю \vec{u} вздовж осі x .

Доцільно припустити, що в обох системах відліку між зарядженою ниткою і зарядом q існує кулонівська електростатична взаємодія:

$$F_{Кул} = qE, F_{Кул}' = qE',$$

де E і E' – напруженість (у системах K і K' відповідно) електричного поля нитки у тій точці, де в даний момент часу знаходиться точковий заряд q . Якщо заряди одного знаку, то кулонівська сила направлена вздовж осі y (і y'). Напруженість електричного поля нитки пропорційна густині заряду в нитці (це можна перевірити прямими розрахунками за законом Кулона), тому кулонівську силу $F_{Кул}'$ і $F_{Кул}$, яка діє з боку зарядженої

нитки на точковий заряд q в K і K' системах відповідно, можна представити таким чином:

$$\begin{aligned} F_{Кул} &= qE = \alpha q \lambda, \\ F_{Кул}' &= qE' = \alpha q \lambda', \end{aligned}$$

де λ і λ' – лінійна густина заряду нитки в K і K' системах, α – коефіцієнт пропорційності. Цей коефіцієнт залежить лише від відстані між точковим зарядом q і ниткою, і оскільки ця відстань відлічується вздовж осі u (поперечний масштаб), то коефіцієнт α в обох системах відліку однаковий.

Рис. 1. Рух зарядженої нитки і заряду уздовж осей x і x'

Складемо відношення кулонівських сил, беручи до уваги інваріантність заряду $dQ = dQ'$:

$$\frac{F_k}{F'_k} = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{\frac{dQ}{dl}}{\frac{dQ'}{dl'}} = \frac{dl'}{dl}.$$

Звідси, з урахуванням формули скорочення подовжніх розмірів, маємо:

$$F_{Кул} = \frac{F'_{Кул}}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}, \quad (I)$$

тобто кулонівська сила в K -системі більша, ніж в K' . Підкреслимо, що це обумовлено релятивістським скороченням повздовжніх розмірів і інваріантністю заряду і, як наслідок, збільшенням густини заряду нитки в K -системі.

У K' -системі нитка нерухома, тому на заряд q , який рухається в цій системі відліку, кулонівська сила є єдиною діючою силою. Вона, як уже наголошувалось, направлена вздовж осі y' . Отже, її можна розрахувати за другим законом Ньютона:

$$F'_{Кул} = F'_y = \frac{dp'_y}{dt'}.$$

Якщо допустити, що і в K -системі, у якій обидва заряди (точковий і заряджена нитка) рухаються, кулонівська сила є теж єдиною, то вона, як і в K -системі, повинна визначатися другим законом Ньютона:

$$F_{Кул} = F_y = \frac{dp_y}{dt}. \quad (II)$$

Але якщо у цій системі відліку через те, що обидва заряди рухаються, з'являться нові ефекти, що призводять до інших (не кулонівським) взаємодій, то кулонівська сила не буде дорівнювати повній силі F_y . Та-

ким чином, для того, щоб переконатися, що в системі відліку K , у якій обидва заряди рухаються (нитка і точковий заряд), можлива поява взаємодії, яка відрізняється від кулонівської і обумовлена цим рухом, необхідно перевірити рівність (II). Для цієї мети проведемо перетворення Лоренца для відношення dp_y/dt і порівняємо одержаний результат з розрахованим раніше (I) значенням $F_{Кул}$:

$$F_y = \frac{dp_y}{dt} = \frac{dp'_y}{dt'} \frac{dt'}{dt} = F'_{Кул} \frac{dt'}{dt}.$$

Використовуючи записане раніше перетворення для моментів часу, одержимо:

$$\frac{dt'}{dt} = \frac{1 - uv/c^2}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}.$$

Тому

$$F_y = F'_{Кул} \frac{1 - uv/c^2}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}.$$

Зіставляємо цей вираз з формулою (I), маємо:

$$F_y = F_{Кул} \left(1 - \frac{uv}{c^2} \right)$$

або

$$F_y = qE - qE \frac{uv}{c^2} \neq F_{Кул}. \quad (III)$$

Таким чином одержуємо висновок, що у системі відліку, в якій обидва заряди рухаються, виникає взаємодія додаткова до кулонівської, яка обумовлена рухом зарядів і залежить від швидкості цих зарядів. Ця додаткова сила виражається через напруженість електричного поля, тому вона залежить також від величини зарядів і відстані між зарядами. Оскільки єдиним напрямом, що фізично виділяється, пов'язаним із даними зарядами в обох системах відліку, є напрям уздовж осі Oy , то сили взаємодії направлені тільки вздовж цієї осі, тому співвідношення (III) можна записати у векторній формі:

$$\vec{F} = q\vec{E} - \frac{q}{c^2} \vec{E}(\vec{u}\vec{v}).$$

Перетворимо цей вираз, використовуючи відому формулу векторної алгебри, яка для векторів \vec{E} , \vec{u} і \vec{v} , має вигляд:

$$[\vec{v}[\vec{u}\vec{E}]] = \vec{u}(\vec{v}\vec{E}) - \vec{E}(\vec{v}\vec{u}),$$

де $(\vec{v}\vec{E}) = 0$.

Тому силу, що діє з боку нитки на точковий заряд в K системі мож-

на записати у вигляді:

$$\vec{F} = q\vec{E} + \frac{q}{c^2} [\vec{v}[\vec{u}\vec{E}]]. \quad (IV)$$

Другий доданок у даному виразі залежить від швидкості зарядів, його (із історичних причин) назвемо **магнітною силою**:

$$\vec{F}_{Mag} = \frac{q}{c^2} [\vec{v}[\vec{u}\vec{E}]]. \quad (V)$$

Магнітна сила, як і кулонівська, існує при будь-якій кінцевій відстані між зарядами, тому (по аналогії із стаціонарним електричним полем) можна вважати, що навколо рухомих зарядів (у даному випадку це заряджена нитка) існує особливе силове поле, яке проявляє себе в тому, що діє на інші рухомі заряди, силою, яка залежить від швидкості. Це поле (знову ж таки із історичних причин) назвемо **магнітним полем**. Оскільки магнітне поле проявляє себе в силовій дії, то можна, як і в електростатичному полі, ввести векторну силову характеристику інтенсивності цього поля. У виразі для магнітної складової сили (V) до заряду q , на який вона діє, відносяться величина заряду і його швидкість \vec{v} . Всю решту величин можна розглядати як векторну характеристику магнітного поля. Знову ж таки, через історичні причини, назвемо цю характеристику індукцією магнітного поля. Таким чином, силову характеристику магнітного поля рухомої зарядженої нитки – вектор індукції вводимо за означенням у вигляді:

$$\vec{B} = \frac{1}{c^2} [\vec{u}\vec{E}]. \quad (VI)$$

Це означення необхідно узагальнити так, щоб воно описувало індукцію магнітного поля не лише нитки, але і будь-якого рухомого заряду або сукупності рухомих зарядів. Для такого узагальнення досить скористатися одним із основних дослідних фактів, які лежать в основі електродинаміки – принципом суперпозиції для вектора напруженості електричного поля. Згідно з цим принципом, у формулах (III–VI) напруженість електричного поля рухомої зарядженої нитки є векторною сумою напруженості окремих точкових зарядів, на які можна умовно розбити нитку (всі вони рухаються зі швидкістю нитки). Тому формулу (VI) можна переписати у вигляді:

$$\vec{B} = \frac{1}{c^2} [\vec{u} \sum_i \vec{E}_i]$$

або

$$\sum_i \vec{B}_i = \frac{1}{c^2} [\vec{u} \sum_i \vec{E}_i],$$

де

$$\vec{B}_i = \frac{1}{c^2} [\vec{u} \vec{E}_i].$$

У виразі для \vec{B}_i всі величини відносяться до довільно взятого точкового заряду q'_i , який створює електричне поле з напруженістю (закон Кулона) $\vec{E}_i = \frac{q'_i \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r_i^3}$ і рухається зі швидкістю \vec{u} , де \vec{r}_i – радіус-вектор,

проведений від точкового заряду q_i до точки, у якій в даний момент часу знаходиться рухомий точковий заряд q (у точку спостереження). Тому в останній формулі можна опустити індекс i трактувати її як формулу, що описує індукцію магнітного поля будь-якого рухомого точкового заряду. Таким чином, приходимо до наступних важливих висновків:

а) електричний заряд, залежно від системи відліку, може створювати як електричне, так магнітне поле. У системі відліку, в якій заряд нерухомий, він створює лише електричне поле, а у системі відліку, в якій заряд рухається, він створює і електричне, і магнітне поле. Силу характеристику – вектор індукції магнітного поля довільного точкового заряду q , який рухається у вакуумі зі швидкістю \vec{u} , буде визначатись формулою:

$$\vec{B} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{q}{r^3} [\vec{u} \vec{r}], \quad (\text{VII})$$

де \vec{r} – радіус-вектор, проведений від точкового заряду q до точки спостереження.

б) для магнітного поля, як і для електричного, справедливий принцип суперпозиції:

$$\vec{B} = \sum_i \vec{B}_i.$$

У виразі (VII) добуток двох констант $\epsilon_0 c^2$ замінимо однією константою $\mu_0 = \frac{1}{\epsilon_0 c^2}$, яку називатимемо магнітною постійною. Значення магнітної постійної μ_0 легко розраховується, оскільки значення швидкості світла c у вакуумі і електричної постійної ϵ_0 відомі, воно дорівнює: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Таким чином, формулу, що визначає індукцію магнітного поля точкового заряду q , який рухається зі швидкістю \vec{u} у вакуумі, можна точно записати у вигляді:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{[\vec{u}\vec{r}]}{r^3}. \quad (\text{VIII})$$

Як відомо, електричне поле при переході від вакууму до речовини зменшується в ε раз (ε – діелектрична проникність речовини), Отже, у формулі (VII) і, як наслідок, в (VIII), при русі точкового заряду в речовині в знаменнику необхідно ввести коефіцієнт ε . Можна також припустити, що наявність речовини позначатиметься на величині індукції магнітного поля не лише за допомогою його впливу на електричне поле, але і з інших причин, які на даному етапі розглядати передчасно. Тому можливий вплив речовини на магнітне поле врахуємо формально – шляхом введення у формулу (VIII) коефіцієнта μ , який будемо називати магнітною проникністю речовини:

$$\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} q \frac{[\vec{u}\vec{r}]}{r^3}. \quad (\text{IX})$$

Чисельне значення магнітної проникності μ можна визначити дослідним шляхом, або – теоретично, з урахуванням будови речовини. Питання про механізм впливу речовин на магнітне поле потрібно розглядати окремо. На даному етапі розгляду нам досить зробленого припущення. Причому, зрозуміло, що якщо речовина магнітне поле з якихось причин підсилює, то $\mu > 1$ і навпаки. Якщо речовина не впливає на магнітне поле (або його немає, тобто розглядається поле у вакуумі), то $\mu = 1$. Тому формула (IX) є більш загальною, ніж (VIII).

Напрямок вектора індукції магнітного поля, рухомого позитивного точкового заряду, як це витікає із виразів (VIII–IX), показано на рис. 2. Неважко побачити, що, якщо кінець радіус-вектора \vec{r} обертається навколо напрямку вектора швидкості під однаковим кутом, то вектор \vec{B} буде обертатись, залишаючись дотичним до кола. При цьому напрям обертання вектора \vec{B} з напрямом швидкості складає правогвинтову систему і, отже, напрям вектора індукції можна визначити за відомим правилом правого гвинта (буравчика). Тому взаємне розташування векторів \vec{v} , \vec{B} , \vec{F} в точності відповідає розташуванню ортів \vec{e}_x , \vec{e}_y , \vec{e}_z правої системи декартових координат (рис. 3).

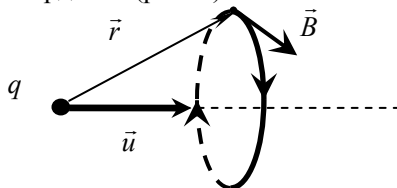


Рис. 2. Напрямок вектора магнітної індукції рухомого заряду

Рис. 3. Напрям векторів \vec{v} , \vec{B} , \vec{F} співпадає з напрямом осей правої декартової системи координат

По аналогії з електричним полем або полем вектора густини струму можна ввести поняття «лінії вектора \vec{B} ».

Математично рівняння ліній поля вектора \vec{B} можна знайти з їх означення, згідно з яким у кожній точці лінії вектор поля (наприклад, вектор індукції) і елемент дуги $d\vec{l}$ лінії поля повинні бути однаково направлені, тобто повинна виконуватися рівність: $[\vec{B}d\vec{l}] = 0$. Тоді рівняння ліній вектора поля в декартовій системі координат, визначиться із рівнянь:

$$\frac{B_x}{dx} = \frac{B_y}{dy} = \frac{B_z}{dz}. \quad (X)$$

Відзначимо дуже важливу властивість ліній вектора \vec{B} , яку можна побачити на рис. 3, а саме – лінії вектора \vec{B} є замкнутими.

Із використанням поняття про магнітне поле і його векторну характеристику – індукцію \vec{B} , формулу (IV), яка визначає силу, що діє на точковий заряд, який рухається в електричному і магнітному полі, перепишемо у наступному вигляді:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v}\vec{B}]. \quad (XI)$$

Таким чином, у загальному випадку, коли є електричне і магнітне поля на рухомі заряди діють кулонівська сила $\vec{F}_{Кул} = q\vec{E}$ і магнітна сила $\vec{F}_{Маг} = q[\vec{v}\vec{B}]$, яка називається силою Лоренца. У багатьох навчальних посібниках силою Лоренца називають сумарну силу (XI). Проте часто доводиться розглядати окремо її кулонівську і магнітну складові, тому зручніше під силою Лоренца розуміти саме магнітну складову ($\vec{F}_{Маг} = q[\vec{v}\vec{B}]$).

Відзначимо, що з виразу (XI) витікає:

а) магнітна складова сили Лоренца завжди перпендикулярна швидкості заряду, тому вона не може виконувати роботу над рухомих зарядом. Вона може лише змінювати напрям швидкості зарядженої частинки і це має широке технічне застосування.

б) магнітна складова сили Лоренца завжди перпендикулярна вектору індукції, тобто лінії вектора \vec{B} . Тому використовуване у багатьох

навчальних посібниках поняття «силова лінія магнітного поля» є вкрай невдалим. Дійсно, лінія вектора \vec{B} – це лінія, дотична до якої у кожній її точці направлена вздовж вектора \vec{B} , а вектор сили – перпендикулярний цій лінії. Тому ми використовуємо термін «лінія вектора індукції». Рівняння ліній вектора \vec{B} визначається очевидним співвідношенням (X). Проте практичний розв'язок цього рівняння в загальному випадку натрапляє на серйозні математичні складнощі. Що ж до «силової лінії магнітного поля», то по своєму змісту це лінія, до якої в кожній її точці магнітна складова сили Лоренца є дотичною, тому її рівняння може бути одержано із співвідношення $[\vec{F}_i d\vec{l}] = [[\vec{u}\vec{B}]d\vec{l}] = 0$. Ясно, що одержати рівняння таких ліній ще складніше, ніж рівняння ліній вектора індукції.

в) магнітна складова сили Лоренца ($\vec{F}_{Lor} = q[\vec{v} \times \vec{B}]$) приймає максимальне значення, коли швидкість руху заряду перпендикулярна вектору індукції магнітного поля. У такому випадку модуль вектора індукції магнітного поля дорівнює: $B = \frac{F_{Lor}^{max}}{qv}$. Цей вираз дозволяє дати наступне трактування вектору індукції: **індукція магнітного поля у деякій точці простору – це величина, що чисельно дорівнює максимальному значенню сили Лоренца, яка діє на позитивний одиничний заряд, який рухається у цій точці магнітного поля з одиничною швидкістю.**

При описанні магнітного поля, окрім вектора \vec{B} , який у речовині змінюється у μ раз (за інших рівних умов) у порівнянні з вакуумом (див. (IX)), введемо допоміжну характеристику магнітного поля напруженість (\vec{H}), яка є нечутливою до наявності речовини. Це можна зробити за означенням, поклавши

$$\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}. \quad (XII)$$

Слід зазначити, що фізичний зміст мають вектори \vec{E} і \vec{B} , індукція електричного поля \vec{D} і напруженість магнітного поля \vec{H} є допоміжними характеристиками полів. Крім того, вектор \vec{B} слід було б назвати напруженістю магнітного поля, а \vec{H} – індукцією. Проте через історичні причини вони невдало одержали назву навпаки і, як вже наголошувалося, за інерцією ці невдалі назви міцно утримуються в більшості наукової та навчальної літератури.

2. Закон Біо-Савара-Лапласа

Покажемо, що цей закон є наслідком тих фундаментальних положень, які були використані у попередньому параграфі.

Ми встановили, що з будь-яким рухомим зарядом пов'язано магнітне поле, індукція якого визначається формулою (IX), причому для вектора індукції справедливий принцип суперпозиції. Виділимо в провідній речовині, у якій існує електричний струм, нескінченно малий об'єм – для простоти у вигляді циліндра з віссю, яка співпадає із деякою лінією вектора густини струму (рис. 4). Електричний заряд виділеного об'єму може розглядатися як точковий величиною $dq = \rho dV$ (ρ – об'ємна густина заряду). Будемо вважати, що цей заряд рухається з деякою швидкістю \vec{u} , яка пов'язана з густиною струму в даному середовищі відомим співвідношенням $\vec{j} = \rho \vec{u}$. У довільній точці спостереження даний точковий заряд dq створює індукцію магнітного поля:

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} dq \frac{[\vec{u}\vec{r}]}{r^3} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \rho dV \frac{[\vec{u}\vec{r}]}{r^3}.$$

З урахуванням формули $\vec{j} = \rho \vec{u}$, цей вираз можна записати у вигляді:

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{[\vec{j}\vec{r}]}{r^3} dV,$$

відомому під назвою **закон Біо-Савара-Лапласа** для об'ємного елемента струму.

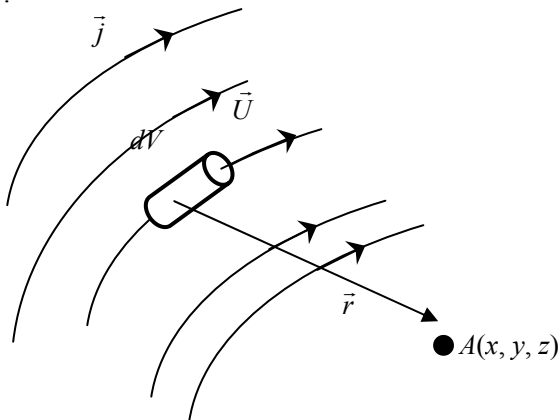


Рис. 4. Елементарний об'єм циліндричної форми уздовж лінії вектора густини струму

Тоді за принципом суперпозиції індукція всього провідника об'ємом V буде дорівнювати:

$$\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{[\vec{j}\vec{r}]}{r^3} dV .$$

Із викладень зрозуміло, що закон Біо-Савара-Лапласа дійсно є наслідком вказаних раніше фундаментальних положень, які використані при доведенні виразу (1.4.2), це – принципи СТО, закон Кулона та інваріантність електричного заряду.

Аналогічно можна одержати й закон Ампера.

Таким чином, запропонована нами методики введення основних характеристик і законів стаціонарного магнітного поля передбачає відхід від історизму і традицій при викладенні теорії стаціонарного магнітного поля. Це не лише дозволяє відволіктись від необхідності осмислення дуже складних навіть за сучасними мірками експериментів Ампера, Біо і Савара і їх трактування, що привело до встановлення законів, названих в їх честь, але й наближає читача до сучасного стану науки.

КОМПЛЕКС НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ – ОСНОВА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ З ФІЗИКИ В УМОВАХ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ

І.О. Мороз

м. Суми, Сумський державний педагогічний університет
імені А.С.Макаренка
teorfiz09@rambler.ru

Сучасний науково-технічний і культурний прогрес, удосконалення технологій науки і виробництва, інтеграція України в європейський освітній простір, орієнтація на фундаментальні цінності загальносвітової культури зумовлюють пошук і впровадження нових концептуальних підходів до системи підготовки кадрів, змін традиційної структури професійної підготовки взагалі і педагогічної зокрема.

Інтеграційний процес передбачає впровадження європейських норм і стандартів в педагогічній освіті, зокрема – в підготовці вчителів фізики. Перед вищою педагогічною освітою стоїть важливе завдання: забезпечити перехід до кредитно-модульної та стимулюючої системи навчання, що є однією з умов входження національної системи освіти до спільного європейського простору. Кредитно-модульна система (КМС) навчання спрямована на реалізацію положень Концепції розвитку педагогічної освіти в Україні, галузевих державних стандартів з напрямку «Педагогічна освіта. Фізика та математика» та вимог Болонської конвенції.

Робота викладачів повинна бути спрямована на покращення змісту професійної підготовки майбутніх учителів, для чого необхідно ґрунтовніше здійснювати теоретичне та практичне навчання на основі розвитку у студентів дослідницьких умінь та навичок. При цьому впровадження рейтингової системи оцінки знань студентів передбачає постійний поетапний контроль знань упродовж семестру і всього періоду навчання. Кожний студент переходить від одного змістового модуля до іншого по мірі засвоєння матеріалу робочих програм дисциплін, при цьому кожний студент проходить усі етапи поточного і підсумкового контролю знань. При контролі знань у системі навчальної діяльності викладачі застосовують сукупність дій, які дозволяють виявити якісно-кількісні характеристики результатів навчання, оцінити, як засвоєно студентом матеріал навчальної програми. До системи контролю знань входять різноманітні форми усного опитування, контрольні роботи, тестування, перевірка розрахункових завдань, рефератів, розв'язання задач, звіт про виконання практичних робіт та інші форми. Проміжні форми контролю не дають можливості студентові розслабитись у міжсесійний період.

Студенти працюють не на сесію, а на знання. Але перераховані види контролю відображають лише кінцевий результат роботи на різних її етапах. Поточний же процес – це аудиторна та самостійна робота над лекційним матеріалом та навчально-методичною літературою з предмету. Наявність широкої інформаційної сітки (теле-, радіо-, відео-, інтернет) та вільний доступ до інформації, наявність великої кількості різнопланових навчальних посібників, що є характерним для європейської вищої школи, як показують реалії життя, для України це завтрашній день. Тому на сьогоднішній день «жива» лекція була, є і буде одним із головних джерел здобуття знань студентами.

Як показує практика викладання фізичних дисциплін, лише частину законспектованого на лекції матеріалу студент розуміє і може відтворити й використати при розв'язанні задач, виконанні лабораторних робіт тощо. Тому необхідно, щоб над лекційним матеріалом студенти самостійно працювали не лише при підготовці до практичних занять, але й готувались до сприйняття матеріалу на кожній новій лекції. Цікавою є практика багатьох лекторів на початку кожної лекції запитувати про основні питання матеріалу попередньої лекції. Це дійсно є стимулом для самостійної роботи над лекційним матеріалом, але в повній мірі не вирішує всі питання.

Важливу роль в організації систематичної підготовки до семінарських занять та лекцій, самоорганізації та бажанні підвищувати рівень знань, відіграє наявність допоміжної навчальної та методичної літератури. Це спонукає викладачів продовжити пошук нових форм організації навчальних занять, напрацьовувати навчально-методичні матеріали з предметів та для вдосконалення системи оцінювання навчальних досягнень студентів відповідно до європейських вимог.

Для виконання цієї важливої задачі на кафедрі експериментальної й теоретичної фізики Сумського державного педагогічного університету ім. А.С. Макаренка розроблено структуру комплексу методичного забезпечення навчальних дисциплін, які викладаються на I–IV курсах для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Він включає: робочі програми; електронні лекційні курси, семінарські, практичні та лабораторні заняття; модулі перевірки знань та графік модульного контролю; індивідуальні завдання; тести для самоконтролю та підсумкового контролю; екзаменаційні питання, рекомендована література; бібліотечні та Інтернет-ресурси.

З метою удосконалення знань щодо кредитно-модульної системи на кафедрах розроблена методична база, яка містить:

– Положення про впровадження кредитно-модульної системи; виконання студентами індивідуально-творчих завдань; організацію само-

стійної роботи студентів; індивідуальний навчальний план студента; проведення підсумкового модульного контролю;

- Порадник першокурснику;
- Робочі програми для всіх модулів (навчальних дисциплін), засоби діагностики якості навчання згідно вимогам КМС;
- Навчально-облікова документація (протокол обліку поточної і підсумкової успішності, екзаменаційні та залікові відомості, відомості захисту курсових робіт та практики, лист відпрацювання змістових модулів, лист перездачі екзамену та заліку, протокол здачі державного екзамену і захисту дипломних робіт);
- Проведено перерахування кількості годин у робочих планах відповідно до вимог ECTS.

Крім цього, на кафедрах приділяється велика увага написанню навчальних посібників українською мовою, які б відповідали сучасним вимогам навчання за КМС і охоплювали всі розділи фізики, які є обов'язковими за державними стандартами для освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Як приклад, у даній роботі презентується два навчальні посібники, які за обсягом матеріалу відповідають двом модулям навчального курсу «Електродинаміка». Один із них («Основи електродинаміки. Частина 1. Електростатика»), присвячений вивченню законів стаціонарних електричних полів, які є основою електродинаміки, складається із двох розділів.

У першому розділі розглядаються основні закони електростатики й аналізуються деякі приклади, що ілюструють ці закони.

У другому розглядаються методи розв'язання основної задачі електростатики.

Додаток містить велику кількість задач для самостійної роботи. Розглянуті задачі не лише ілюструють теоретичний матеріал, але й є його розвитком та доповненням. Так, наприклад, при розгляді теореми Гауса серед контрольних запитань наводяться й наступні:

1. Доведіть, що, використовуючи теорему Гауса, можна, як наслідок, одержати закон Кулона.

2. Чому заряд, наданий провідній кулі, розташовується на її поверхні? Як розташувався б цей заряд, якби кулонівська сила змінювалась не обернено пропорційно до квадрата відстані?

3. Проаналізуйте доведення теореми Гауса в припущенні, що кулонівська сила змінюється за законом, відмінним від $F \sim 1/r^2$.

4. Використовуючи теорему Гауса, доведіть, що неможлива стійка конфігурація заряджених частинок, якщо між ними діють лише кулонівські сили (теорема Ірншоу).

Зрозуміло, що лише при глибокому і усесторонньому розумінні за-

кону Кулона та теореми Гауса студент може дати відповіді на поставлені запитання (для тих студентів, які не справились із такими завданнями, у Додатках є аналіз розв'язків).

Другий навчальний посібник («Основи електродинаміки. Частина 2. Магнітостатика») присвячений вивченню законів стаціонарних магнітних полів. В даному посібнику теорія стаціонарного магнітного поля розглядається із послідовних релятивістських позицій. Тому закони Ампера і Біо-Савара-Лапласа, які в існуючій навчальній літературі традиційно представляються як фундаментальні закони природи, в посібнику розглядаються як наслідки інших експериментальних фундаментальних фактів і теоретичних положень. Це в більшій мірі відповідає сучасним тенденціям розвитку фізичної науки, яка прагне опиратися на можливо меншу кількість базисних експериментальних фактів і постулатів.

Побудова теорії стаціонарного магнітного поля в пропонованому посібнику основана на наступних постулатах.

1. Справедливий закон Кулона.
2. Справедливий закон збереження заряду, який стверджує не лише збереження алгебраїчної суми зарядів замкнутої системи, але й інваріантність заряду, тобто незалежність його величини від вибору системи відліку.
3. Справедливі постулати Ейнштейна і релятивістські наслідки із них, які описують властивості простору та часу.

На основі вказаних постулатів виводиться вираз для індукції магнітного поля рухомого заряду й вираз для сили Лоренца, на базі яких і побудована вся магнітостатика.

Оскільки посібники призначені для майбутніх учителів, то, на думку автора, їх потрібно (як і електродинаміку в цілому) будувати на індуктивному принципі, який лежить в основі шкільного курсу фізики. Тому дані посібники побудовані на послідовному описанні дослідних даних про незмінні у часі заряди та струми на узагальненні цих даних і формулюванні на базі цього загальних рівнянь – рівнянь Максвелла для стаціонарних полів. Такий підхід повністю узгоджується з логікою побудови шкільного курсу фізики, що істотно адаптує студентів до майбутньої роботи у якості вчителів фізики.

В посібниках до кожного розділу вказані контрольні запитання для самоперевірки та задачі для самостійної роботи. Наведені методичні вказівки та приклади розв'язування типових задач.

Таким чином, створення комплексу навчально-методичного забезпечення навчального процесу є одним із першооснов можливості реалізації одного із основних принципів сучасної європейської системи освіти «навчання протягом усього життя».

ПОШУК ФІЗИЧНИХ ПОМИЛОК У ХУДОЖНІХ ТВОРАХ ЯК ОДИН З ЗАСОБІВ РОЗВИТКУ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ

М.І. Мохненко, І.М. Пустинникова
м. Донецьк, Донецький національний університет
candy.mary@mail.ru

Останнім часом постійно здійснюється процес удосконалення системи освіти, пошук і впровадження найкращих форм, засобів і методів навчання. В усіх галузях діяльності все більше цінуються високопрофесійні фахівці, що швидко здобувають відповідну кваліфікацію після спеціальної підготовки у навчальних закладах.

Науково-технічний прогрес призвів до зміни характеру праці людини. Зросла ступінь автоматизації виробництва, ускладнилася техніка, збільшилися вимоги до знань та вмінь спеціалістів. Тому особливу актуальність набули завдання, які розвивають мислення учнів, їх уміння самостійно поповнювати знання та спроможність самостійно застосовувати теоретичні знання до вирішення практичних завдань, з якими вони будуть стикатися не під час навчання, а в повсякденному професійному житті.

Перед викладачами виникає серйозна проблема – пробудити інтерес, не налякати учнів складністю предмета та великою кількістю формул. Необхідно активізувати діяльність самих учнів на уроці – навчальний процес повинен бути різноманітним, тобто складатися з різних форм або методів викладання. Потрібні нестандартні, оригінальні прийоми, що активізують всіх учнів, підвищують інтерес до знань і забезпечують якість засвоєння матеріалу, який викладається. До такого нестандартного методу можна віднести міжпредметні зв'язки фізики та художньої літератури.

Фізика та художня література, наука та мистецтво... Що спільного між цими, здавалось би, далекими одна від одної галузями людського інтелекту? Використання будь-яких елементів художньої літератури (уривки з творів, задачі, складені на їх основі) під час викладання фізики на перший погляд може здатися недоречним, але це зовсім не так: поперше, такі елементи дають змогу учням зрозуміти, що фізика не є суто математичною «сухою» наукою, по-друге, під час звичайного уроку вони ніби відволікають учнів від одноманітного процесу навчання, але при цьому відбувається використання теоретичного матеріалу, по-третє, міжпредметні зв'язки не лише активізують увагу, але й розвивають критичне мислення учнів.

Принципово нові наукові результати, як правило, виникають інтуїтивно, у формі образів. Мистецтво вдосконалює образне мислення, позитивно впливає на розвиток фантазії людини. Розвинена уява, здатність висловлювати оригінальні ідеї (Н. Бор називав їх «божевільними») особливо важливі для сучасного вченого-фізика. Посилення абстракції у фізичних теоріях призвело до того, що фізика, за словами Д. Гільберта, стала надто складною для фізиків.

Згадаємо, що Леонардо да Вінчі, М. В. Ломоносов, Й. Гете зробили великий внесок у розвиток як науки, так і мистецтва. Звернення вчених до літератури та мистецтва не є випадковим: художні образи нерідко підказували дослідникам шлях до вірного рішення саме тоді, коли логіка виявлялася безсилою.

Мистецтво позитивно діє на емоційне сприйняття людини. Впливаючи на емоційну сферу особистості, можна стимулювати її творчу активність. Мистецтво пробуджує фантазію, живить уяву людини. Той, хто насправді захоплюється фізикою, повинен розвиватися естетично, дружити з літературою та мистецтвом. Відомі випадки, коли твори мистецтва підказували дослідникам нові теми. Наприклад, оповідання І. Єфремова «Тінь минулого» наштовхнуло інженера Ю. Денисюка на думку про отримання об'ємних зображень предметів – голографії.

В наш час надзвичайно полегшений доступ до величезного обсягу інформації – Інтернету. Якщо раніше треба було йти в бібліотеку, тепер пошук інформації часто відбувається шляхом набору необхідних слів-сполучень в пошуковому сервісі. Звичайно, це сильно полегшує життя і заощаджує час, але це призводить до того, що реферати або навіть курсові роботи пишуться методом «скопювати – вставити». Знижується рівень критичності відношення до інформації – знайдені відомості майже ніколи не перевіряються. Звісно, в Інтернеті є багато різноманітної цікавої та корисної інформації, але, на жаль, дуже багато там і грубих помилок, які учні сприймають як правдиву інформацію та користуються потім нею в подальшому.

Для розвитку критичного сприйняття інформації, отриманої з будь-якого джерела, можна та необхідно використовувати міжпредметні зв'язки фізики та художньої літератури, а саме пошук фізичних помилок, які зробив автор. Активізувати увагу учнів та розвивати їх мислення необхідно починаючи ще зі школи, а потім цей процес обов'язково треба продовжувати у ВНЗ.

В роботі зроблена спроба «навести мости» між фізикою та художньою літературою. І хоча ідея залучення художньої літератури при вивченні фізики не нова (її використовували Л.В. Тарасов, С.А. Тихомирова, Я.І. Перельман та інші автори), однак на практиці вона реалізується,

на жаль, не часто.

Уривки з літературних творів, в яких відображені ті чи інші фізичні явища, можуть слугувати основою для формулювання фізичних питань та задач.

Наприклад, при вивченні теми «Плавлення і кристалізація твердих тіл» можна запропонувати учням з'ясувати, яку фізичну помилку допустив автор у таких рядках:

Мороз скував краплину, що біжала,

І в світі трохи менше тепла стало.

Молодших школярів може зацікавити таке місце з книги Е. Распе «Пригоди барона Мюнхаузена»: «Раптом мені прийшла у голову блискуча думка. З усієї сили я вдарив себе кулаком у праве око. З ока, ясна річ, так і посипалися іскри, і порох в ту ж мить спалахнув». Виникає запитання, який фізичний зміст має фраза «з очей посипалися іскри»? (Подразнення зорового нерва таким способом викликає відчуття світла).

А ще барон Мюнхаузен стверджував, що самотужки витягнув себе з болота за волосся. Поясніть, чому це не можливо. Після обговорення цієї ситуації і з'ясування, що ніякі внутрішні сили не можуть змінити положення центра мас системи, також доцільно розглянути, яким чином велосипедист, що бажає заїхати на тротуар, робить це. Адже, на перший погляд, він діє як і барон Мюнхаузен: коли переднє колесо підходить до краю тротуару, велосипедист підтягує кермо до себе. При цьому передня частина велосипеда підіймається і велосипедист без поштовху виїжджає на тротуар. Але при цьому велосипедист не змінює положення центра мас системи тіл людина-велосипед. Він підтягує кермо до себе і сам наближається до землі, при цьому зближуються частини системи. Внаслідок цих дій переднє колесо велосипеда підіймається над поверхнею землі.

В старших класах можна запропонувати учням більш складні задачі на основі літературних сюжетів. Одна з таких задач полягає в перевірці розрахунків автора роману Ю.І. Забелло «Планета для робінзонів»: «Ластівка» перебуває на круговій орбіті на висоті 38802 кілометра над землею. Період обертання – 24 години 22 хвилини» [2, 64]. При вивченні закону Всесвітнього тяжіння учні можуть зробити відповідні розрахунки та з'ясувати, що при такій висоті період обертання космічного корабля повинен бути 26 год. 32 хв. 38 с., тобто письменник помилився на 2 години та 11 хвилин. Можливо, що період обертання супутника дійсно дорівнював 24 години 22 хвилини, тоді висота супутника над землею мала б дорівнювати 36296 км, тобто помилка дорівнює 2506 км (7 %).

Ще одну задачу можна скласти також на основі роману Ю.І. Забелло: «За попередніми розрахунками політ буде тривати біля десяти років

в одному напрямку, хоча його учасники за цей час постаріють лише на три роки» [2, 14]. Знайдіть швидкість космічного корабля. Оскільки відомо тривалість польоту космічного корабля в системі відліку, що пов'язана з космічним кораблем, та в системі відліку, що пов'язана з Землею, то, використовуючи теорію відносності, а саме формулу для релятивістського ефекту сповільнення часу в рухомих системах відліку, легко отримаємо, що швидкість космічного корабля дорівнює 0,95 с.

При вивченні теми «Атмосферний тиск» або «Газові закони для ізо-процесів» можна розповісти дітям про діда Щукаря [6], який зарівав теличку, об'ївся м'яса і у нього розболівся живіт. Щоб його вилікувати, лікарка поставила йому на живіт розігріту макітру. Коли до нього зайшов Давидов, то побачив, що хворий «лежав на ліжку, задерши ноги. Сорочка його була закочена аж до скуйовдженої борідки, а в худий блідий живіт гострими краями в'їлася перекинута догори дном череп'яна макітра, місткістю літрів на шість. По боках п'явками стирчали дві аптекарські банки. ... Дід Щукар... тоненьким голоском заверещав, заскавчав по-щеничому: – З-зніми макітру! Зніми, відьмо! Ой, живота мені порве! Ой, рідненькі, ослободіть! – Терпи! Терпи! Зараз полегшає, – шепотом умовляла бабка Мамичиха, марно намагаючись одірвати край макітри, що всмокталася в шкіру. Але дід Щукар раптом заревів лютим звіром, пацнув шептуху ногою і обома руками вчепився за макітру. Тоді Давидов поспішив йому на виручку: схопивши з пригубка качалку, він відштовхнув бабку, гахнув качалкою по днищу макітри. Вона розсипалась, зі свистом рвонулося з-під черепків повітря...» [6, 116]. Після цього можна з'ясувати в учнів: «Чому не вдалося зняти макітру і довелося її розколоти. Чи вірно, що повітря «рвонулося з-під черепків?»»

А згадаємо, як Аліса [3], що вільно падала у кролячій норі, «пролітаючи повз однієї з полиць, прихопила з неї банку з варенням, але вона виявилася порожньою. Аліса побоялася кинути банку вниз. На льоту вона примудрилася засунути її до якоїсь шафи» [3, 14].

Як стала би рухатися банка відносно Аліси, якщо б Аліса:

- а) просто відпустила банку;
- б) кинула її вниз;
- в) кинула її вгору?

Відповіді:

- а) банка покоїлася б відносно Аліси;
- б) банка рухалася б відносно Аліси рівномірно вниз;
- в) банка рухалася б відносно Аліси рівномірно вгору.

Трохи згодом «Аліса відкусила від пиріжка та з тривогою подумала: росту чи зменшуюсь? Руку Аліса при цьому поклала на маківку, щоб відчувати, що з нею відбувається» [3, 22]. Чи може Аліса таким чином

визначити своє зменшення чи збільшення? Звісно, що ні. Оскільки при зміні зросту пропорційно змінюються всі частини тіла Аліси, тобто їх відносне положення не змінюється.

А скільки інформації для допитливого розуму містять твори Ж. Верна?! Наприклад, відправляючись з гармати на Місяць в каюті-снаряді, члени гарматного клубу за 1/140 секунди в 210-метровому стволі гармати розвинули швидкість 16 км/с. Все це описується з такими подробицями, що тільки дуже уважний учень, який звук нічого не сприймати на віру, шляхом елементарних розрахунків з'ясує, що під час такого прискореного руху члена екіпажу Барбикена роздавив би його власний капелюх.

Вам ці приклади здаються дуже легкими, «дитячими»? Але, поперше, всі ми «родом з дитинства», а, по-друге, є і більш складні задачі [4]. Наприклад, В. Гюго в своєму романі «Знедолені» так описував здібності головного героя Жана Вальжана: «гнучкість була розвинена у нього ще більше, ніж сила. Деякі з каторжників, весь час мріючи про втечу, врешті-решт з вміння поєднувати спритність з силою створюють своєрідну науку. Це наука управління м'язами. Це тасмичне мистецтво збереження рівноваги щодня вдосконалюється арештантами – людьми, які заздять комахам і птахам. Видертися на прямовисну стіну і знайти точку опори там, де око ледь бачить крихітний виступ, було дитячою грою для Жана Вальжана. Учепившись за ріг стіни, напружуючи м'язи спини і ніг, вдаваючи лікті і п'яти в нерівності каменю, він, немов за помахом чарівної палички, піднімався на четвертий поверх. Іноді йому траплялося таким же способом піднятися до самого даху острогу». А тепер знайдіть мінімальну силу, з якою Жан Вальжан повинен був відштовхуватись від стін, збираючись по куту між двома вертикальними та перпендикулярними одна одній стінами та який мінімальний коефіцієнт тертя спокою необхідний для здійснення такого підйому? [1, 7]

Розв'язок цієї задачі потребує знання другого закону Ньютона, вміння правильно розставити сили, які діють на героя. Відповідь буде мати такий вигляд:

$$F_{\min} = \frac{mq}{2} \sqrt{\frac{\mu^2 + 1}{\mu^2 - 1}}.$$

Цей вираз показує, що коефіцієнт тертя спокою повинен бути більше одиниці, щоб Жан Вальжан не міг впасти зі стіни. Якщо μ спрямувати до нескінченності, то сила F_{\min} перетворюється в половину сили тяжіння. Це відповідає тому, що Жан Вальжан повинен ніби приклеюватися до стіни [1, 78].

Розв'язок запропонованих задач допоможе викликати у школярів

інтерес до фізики, дозволить їм полюбити, зрозуміти та краще вивчити фізику та розширити свій культурний світогляд, а вчителю – зробити уроки цікавими та емоційними. Такі завдання можуть використовуватися на уроках фізики не лише в загальноосвітніх, але і в профільних класах. Під час навчання учнів гуманітарних класів, спираючись на їх інтерес до літератури, можна досягти більш високих результатів в засвоєнні фізики. В класах фізико-математичного та технічного профілів залучення творів літератури покликано формувати почуття прекрасного, збагачувати образне мислення. Заняття літературою сприяють розвитку фантазії та образності мислення, що є необхідними факторами успішної роботи вченого в науці.

Нерідко розв'язок задач з використанням літературних сюжетів спонукає учнів до прочитання книг, що цитуються. Після декількох занять учні самі починають відшукувати в художній літературі фізичні явища та самі намагаються формулювати фізичні задачі, починають критично ставитися до того, що читають, стають більш уважними та спостережливими.

Використання подібних завдань та прикладів при викладанні фізики привчає учнів критично осмислювати будь-яку інформацію, що зараз є дуже важливим. Крім того, використання художньої літератури на уроках фізики не лише активізує та заохочує учнів до вивчення предмету, але й ще сприяє більшій вихованості та розвитку учнів як особистостей.

Література

1. Гнэдиг П. Двести интригующих физических задач / П. Гнэдиг, Д. Хоньек, К. Райли. – М. : Бюро Квантум, Техносфера, 2005. – 272 с.
2. Забелло Ю.И. Планета для робинзонов : научно-фантастический роман / Ю.И. Забелло. – Сумы : Ред.-изд. отдел облуправления по печати, 1992. – 320 с.
3. Кэрролл Л. Приключения Алисы в Стране Чудес. Сквозь Зеркало и что там увидела Алиса, или Алиса в Зазеркалье / Л. Кэрролл. – М. : Правда, 1985. – 320 с.
4. Пустинникова І. Активізація пізнавальної діяльності на заняттях з фізики / І. Пустинникова, М. Мохненко, М. Барікова // Актуальні проблеми викладання та навчання фізики у вищих освітніх закладах : матеріали III міжнародної науково-методичної конференції. – Львів : Ліга-Прес, 2009. – С. 217–224.
5. Распе Э. Приключения барона Мюнхаузена / Э. Распе. – Л. : Детская литература, 1965.
6. Шолохов М. О. Піднята цілина: Роман / М. О. Шолохов. – К. : Дніпро, 1985. – 600 с.

ПОНЯТИЕ МАССЫ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Ю.А. Мушенков

г. Днепропетровск, Национальная металлургическая академия Украины
mushenkov@i.ua

Классической, теоретической или ньютоновой механикой принято называть раздел механики, в котором изучаются математические модели механических движений и механических взаимодействий абсолютно твердых материальных тел на основе принципов (законов), сформулированных Ньютоном в его сочинении «Математические начала натуральной философии» [1].

Впервые понятие *масса* было введено Ньютоном в этом сочинении, которое в дальнейшем будем называть «Началами». Первое определение он дает именно этому понятию [1, 23]: «*Количество материи (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее*». И, как отмечает здесь же в примечаниях А.Н. Крылов, ни одно определение Ньютона не вызывало столько критических замечаний и столько толкований, как это первое, высказанное такими словами: «*quantitas materiae est mensura ejusdem orta ex illius densitate et magnitudine conjunctim*». Действительно, дискуссии относительно понятия массы продолжаются до сих пор [2–4].

Можно отметить следующие моменты. Для Ньютона понятия количества материи и массы – синонимы. Далее, определение количества материи и массы у Ньютона можно считать определением только в том случае, если принять плотность за первичное понятие. На это обращал внимание еще А.Н. Крылов в своих примечаниях к переводу «Начал» [1, 23]: «Необходимо также иметь в виду, что в то время при установлении меры для какой-либо величины устанавливалась лишь ее пропорциональность другим величинам, от коих эта мера зависит. Тогда не говорили, как теперь (когда делается определенное предположение о принятой единице меры), «площадь прямоугольника *равняется* произведению из его основания на высоту», а говорили (предполагая единицу меры произвольной) «площадь прямоугольника *пропорциональна* его основанию и высоте».

Наконец, следует заметить, что в первом определении массы, данном Ньютоном, нет ответа на вопрос, что такое масса и какие свойства тел она представляет. Все эти вопросы Ньютон рассматривает в дальнейшем.

Ньютон четко различает понятия массы и веса тела. Разъясняя определение массы, он пишет [1, 23]: «Определяется масса по весу тела,

ибо она пропорциональна весу, что мною найдено опытами над маятниками, произведенными точнейшим образом, как о том сказано ниже».

Таким образом, Ньютон вводит в механику понятие массы тела, отделяя его от понятия веса тела. Следует все же заметить, что понятие массы до Ньютона использовали, например, в задачах о соударении тел. Но при этом массу тела отождествляли с его весом. Однако при исследовании движения небесных тел эти величины уже смешивать нельзя. Необходимо было новое понятие, которое характеризовало бы механические свойства тела, не зависящие от его формы, движения и от системы отсчета. Такой величиной в классической механике стала *масса*.

Вторым определением в «Началах» является определение количества движения, в котором уже фигурирует масса [1, 24]: «Количество движения есть мера такового, устанавливаемая пропорционально скорости и массе».

Далее Ньютон разъясняет [1, 24]: «Количество движения целого есть сумма количеств движения отдельных частей его, значит для массы вдвое большей при равных скоростях оно двойное, при двойной же скорости – четверное». Т.е. масса по Ньютону обладает свойством аддитивности.

В механике, как известно, вводится понятие материальной точки.

Определение 1. Материальной точкой называется точка, обладающая конечной массой.

В современной трактовке количество движения материальной точки определяется следующим образом.

Определение 2. Пусть m – масса точки M и $\vec{v}(t_0)$ – ее вектор скорости в момент времени $t_0 \in I \subset R$. Тогда вектор

$$\vec{g}(t_0) = m\vec{v}(t_0)$$

называется количеством движения или импульсом точки M в момент времени $t_0 \in I \subset R$.

Размерность модуля импульса точки $[\|\vec{g}\|] = \text{кг} \cdot \text{м/с} = \text{Н} \cdot \text{с}$.

Наконец, формулируя второй закон механики [1, 40]: «Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует», Ньютон подчеркивает тем самым инерционные свойства массы.

В самом деле, если $\vec{F}(t, \vec{r}, \dot{\vec{r}})$ – сила, действующая на точку M , масса которой $m(t)$ и ее скорость $\vec{v}(t)$ – дифференцируемые функции на временном интервале $I \subset R$, т.е. $m(t), \vec{v}(t) \in C^1[I \subset R]$, то

$$\frac{d\vec{g}(t)}{dt} = \frac{d(m(t)\vec{v}(t))}{dt} = \vec{F}(t, \vec{r}, \dot{\vec{r}}), t \in I \subset R, \quad (1)$$

т.е. скорость изменения импульса точки M равна вектору силы, действующей на эту точку.

Уравнение (1) называется *уравнением Ньютона*. Это уравнение и начальные условия $\vec{r}(t_0)$ и $\dot{\vec{r}}(t_0)$ однозначно определяют движение точки, если сила (функция) $\vec{F}(t, r, \dot{r})$ удовлетворяет условиям теоремы о существовании и единственности решения задачи Коши, т. е. задачи

$$\left. \begin{aligned} \frac{d(m\vec{v})}{dt} &= \vec{F}(t, \vec{r}, \dot{\vec{r}}) \\ \vec{r}(t_0) &= \vec{r}_0 \\ \dot{\vec{r}}(t_0) &= \vec{v}_0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Следуя Ньютону, производные по времени будем обозначать точками над функцией, т.е. \dot{x} , \ddot{x} .

Если масса точки M остается неизменной на временном интервале $I \subset R$, то уравнение (1) упрощается и имеет на этом временном интервале вид

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\ddot{\vec{r}} = F(\vec{r}, \dot{\vec{r}}, t), \quad (3)$$

Этот же закон дает возможность измерять массу любого тела через массу тела, принятую за единицу измерения. Действительно, рассмотрим движение тела по горизонтальной прямой под действием пружины (рис. 1).

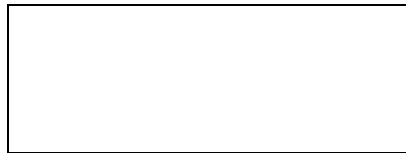


Рис. 1. Тело на пружине

Эксперимент показывает, что при небольших отклонениях пружины от ее нейтрального положения натяжение пружины сообщает телу ускорение, пропорциональное ее деформации, т.е.

$$\ddot{x} = k^2 x, \quad k > 0.$$

Легко установить, что для любых двух тел M_1 и M_2 отношение ускорений \ddot{x}_1 / \ddot{x}_2 при одинаковом растяжении пружины постоянно (не зависит ни от степени растяжения пружины, ни от ее свойств, но лишь от самих тел). Величина, обратная этому отношению, называется отношением масс тел M_1 и M_2 и обозначается

$$\frac{\ddot{x}_1}{\ddot{x}_2} = \frac{m_2}{m_1}. \quad (4)$$

Определение 3. Если для двух тел M_1 и M_2 справедливо равенство (4), то величины m_1 и m_2 называются массами, соответствующими телам M_1 и M_2 .

Опыт показывает, что массы всех тел неотрицательны и, подчеркнем еще раз, обладают свойством аддитивности, т.е., если тело разделить на две части, то каждой части этого тела будет соответствовать такая масса, что их сумма будет равна массе данного тела.

Из (4) следует, что если численное значение одной из масс выбрать произвольно, то численные значения всех остальных масс станут вполне определенными.

За единицу массы принимается масса какого-нибудь фиксированного тела. В Международной системе единиц (System International – SI) за единицу массы принята масса 1 л воды при 4 °С, которая равна 1 килограмму (сокращенно 1 кг).

Выясним, каким образом проявляются инертные свойства массы. С помощью уравнений Ньютона легко выяснить физический смысл массы точки (тела). Не умоляя общности, будем считать массу точки постоянной. Это позволяет воспользоваться уравнением (3) и получить из него соотношение

$$d\bar{v} = \frac{1}{m} \bar{F}(t) dt.$$

Интегрируя его, получим

$$\int_{v_0}^{v_1} d\bar{v} = \frac{1}{m} \int_{t_0}^{t_1} \bar{F}(u) du.$$

Применяя к интегралу, стоящему в правой части равенства, теорему Лагранжа о среднем в интегральном исчислении, найдем

$$\bar{v}_1 - \bar{v}_0 = \frac{1}{m} \bar{F}(\tau)(t_1 - t_0), \quad (5)$$

где $t_1 < \tau < t_0$.

Пусть $\Delta t = t_1 - t_0$ – приращение времени; $\Delta \bar{v} = \bar{v}_1 - \bar{v}_0$ – приращение скорости материальной точки M за промежуток времени $[t_0, t_1]$.

Тогда уравнение (5) запишется в виде

$$\Delta \bar{v} = \frac{1}{m} \bar{F}(\tau) \Delta t,$$

или

$$\Delta t = m \frac{|\Delta \vec{v}|}{|\vec{F}(\tau)|}.$$

Это означает, что для изменения скорости движения материальной точки на величину $\Delta \vec{v}$ по направлению силы \vec{F} за данный промежуток времени, модуль силы \vec{F} должен быть тем больше, чем больше масса точки; если же сила \vec{F} действует на протяжении Δt секунд, то приращение модуля скорости движения точки тем больше, чем меньше ее масса; наконец, данная сила \vec{F} производит заданное изменение $\Delta \vec{v}$ скорости движения точки за промежуток времени Δt секунд тем больший, чем больше масса точки.

Из этих рассуждений вытекает, что масса материальной точки, обладающая, как отмечено выше, свойствами неотрицательности и аддитивности, является мерой ее инертности (лат. *inertia*-неподвижность) – сила, действующая на материальную точку, не может изменить ее скорость движения мгновенно, на это потребуется некоторый промежуток времени, тем больший, чем больше масса точки. Следовательно, понятие массы тела может быть определено следующим образом.

Определение 4. *Массой материального объекта называется мера его инертности.*

Таким образом, с помощью уравнений Ньютона можно изучать только эволюционные процессы движений механических систем материальных точек.

Следует иметь в виду, что принцип детерминированности, описанный совокупностью (2) дифференциального уравнения второго порядка и начальных условий, справедлив только в инерциальных системах, т.е. в системах, в которых справедлив принцип относительности Галилея.

Принцип относительности Галилея. *Существуют системы координат, которые называются инерциальными, обладающие следующими двумя свойствами:*

1) *Все законы природы во все моменты времени одинаковы в этих системах координат.*

2) *Все системы координат, движущиеся относительно инерциальной равномерно и прямолинейно, инерциальные.*

В «Началах» этот принцип сформулирован Ньютоном [1, 39] как *первый закон*:

«Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние».

Итак, масса тела, служащая мерой его инертности, является инерт-

ной массой.

Следует все же отметить, что неотрицательность и аддитивность массы тела в классической механике подтверждаются не только экспериментальными исследованиями, но и теоретическими, основанными на постулируемых в ней однородностью и изотропностью пространства и времени [5].

Согласно принципу наименьшего действия Гамильтона каждая механическая система в потенциальном силовом поле характеризуется функцией Лагранжа (лагранжианом или кинетическим потенциалом)

$$L(q, \dot{q}, t),$$

где $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ – обобщенные координаты; $\dot{q} = (\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n)$ – обобщенные скорости.

При этом должно выполняться следующее условие. Если в моменты времени t_0 и t_1 данная механическая система находится в положениях, определяемых соответственно обобщенными координатами $q^{(1)}$ и $q^{(2)}$, то между этими положениями эта система движется таким образом, чтобы интеграл, называемый *действием*,

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L(q, \dot{q}, t) dt$$

принимал наименьшее возможное значение.

Для дальнейшего доказательства неотрицательности и аддитивности массы тела необходимы следующие леммы.

Лемма 1. *Лагранжиан механической системы определяется с точностью до слагаемого, равного полной производной по времени от любой функции координат и времени, непрерывно дифференцируемой на отрезке $[t_0, t_1] \subset I \subset \mathbb{R}$, т.е. $f(q, t) \in C^1(I \subset \mathbb{R})$.*

Действительно, пусть два лагранжиана $L_1(q, \dot{q}, t)$ и $L_2(q, \dot{q}, t)$ отличаются друг от друга на полную производную по времени от любой функции координат и времени, непрерывно дифференцируемой на отрезке $[t_0, t_1] \subset I \subset \mathbb{R}$, т.е.

$$L_2(q, \dot{q}, t) = L_1(q, \dot{q}, t) + \frac{d}{dt} f(q, t),$$

где $f(q, t) \in C^1(I \subset \mathbb{R})$. Тогда действие S_2 по Гамильтону равно

$$S_2 = \int_{t_1}^{t_2} L_2(q, \dot{q}, t) dt = \int_{t_1}^{t_2} L_1(q, \dot{q}, t) dt + \int_{t_1}^{t_2} \frac{d}{dt} f(q, t) dt = S_1 + f(q^{(2)}, t_2) - f(q^{(1)}, t_1).$$

Таким образом, действия S_1 и S_2 отличаются друг от друга постоянным слагаемым, исчезающим при варьировании действия, так что условие δS_1 совпадает с условием δS_2 , и вид уравнений движения механиче-

ской системы остается неизменным, что и требовалось доказать.

Лемма 2. *Лагранжиан механической системы обладает свойством аддитивности.*

Действительно, пусть механическая система A включает в себя непересекающиеся механические системы B и C , т.е. $A=B \cup C$ и $B \cap C = \emptyset$, каждая из которых, будучи замкнутой, характеризовалась бы соответственно лагранжианом L_A , L_B и L_C . Тогда при удалении друг от друга механических систем B и C так, чтобы взаимодействием между ними можно было пренебречь, в пределе получим

$$L_A = \lim_{d \rightarrow \infty} (L_B + L_C) = L_B + L_C,$$

т.е. лагранжиан механической системы обладает свойством аддитивности, что и требовалось доказать.

Аддитивность лагранжиана механической системы выражает тот факт, что уравнения движения каждой из невзаимодействующих механических систем не могут содержать величины, относящиеся к другим механическим системам, что постоянно используется в классической механике.

Используя свойства однородности и изотропности пространства и времени, можно сделать заключение о виде лагранжиана материальной точки, свободно движущейся в инерциальной системе отсчета.

Лемма 3. *Лагранжиан свободной материальной точки в инерциальной системе отсчета зависит только от скорости ее движения.*

Действительно, из свойств однородности и изотропности пространства и времени, постулируемых в классической механике, следует, что лагранжиан свободной материальной точки в инерциальной системе отсчета не может явным образом зависеть от радиус-вектора данной точки и времени. Иначе лагранжиан ее в разных точках этой системы отсчета и в разные моменты времени был бы различен. Следовательно, лагранжиан зависит только от скорости движения материальной точки. Однако в силу изотропности пространства лагранжиан не может зависеть и от направления скорости движения этой точки. Поэтому он может зависеть лишь только от модуля скорости движения данной точки, т.е.

$$L = L(v^2),$$

что и требовалось доказать.

Теорема 1. *Лагранжиан свободной материальной точки в инерциальной системе отсчета пропорционален квадрату скорости движения этой точки.*

Доказательство. Рассмотрим две инерциальные системы $Oxyz$ и $O'x'y'z'$. Если система $Oxyz$ движется относительно системы $O'x'y'z'$ с бесконечно малой скоростью \vec{E} , то

$$\vec{v}' = \vec{v} + \vec{E},$$

где \bar{v} – скорость материальной точки в инерциальной системе отсчета $Oxyz$; \bar{v}' – скорость материальной точки в инерциальной системе отсчета $O'x'y'z'$.

Так как уравнения движения материальной точки во всех инерциальных системах отсчета одинаковы, то лагранжиан $L(v^2)$ этой точки должен при таком преобразовании перейти в лагранжиан $L(v'^2)$, который отличается от лагранжиана $L(v^2)$ по лемме 1 на полную производную от непрерывно дифференцированной функции координат и времени. Тогда

$$L' = L(v'^2) = L(\bar{v}^2 + 2\bar{v} \cdot \bar{\varepsilon} + \bar{\varepsilon}^2).$$

Разлагая полученный лагранжиан в ряд по степеням $\bar{\varepsilon}$ и пренебрегая бесконечно малыми высших порядков относительно бесконечно малой $\bar{\varepsilon}$, получим

$$L' = L(v'^2) = L(\bar{v}^2) + \frac{\partial L(v^2)}{\partial v^2} \cdot 2 \cdot \bar{v} \cdot \bar{\varepsilon}.$$

Второе слагаемое в правой части полученного равенства должно быть полной производной по времени только в том случае, если оно зависит линейно от скорости \bar{v} движения материальной точки в инерциальной системе отсчета $Oxyz$. Следовательно, $\frac{\partial L(v^2)}{\partial v^2}$ не зависит от скорости \bar{v} , т. е. эта частная производная постоянная. Поэтому лагранжиан $L(v^2)$ прямо пропорционален квадрату скорости \bar{v}^2 . Таким образом,

$$L = \frac{a}{2} \cdot v^2,$$

что и требовалось доказать.

Определение 5. Величина $a=m$ называется массой материальной точки.

Определение 6. Величина

$$L = T = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

называется кинетической энергией материальной точки.

Следствие 1. Кинетическая энергия системы материальных точек обладает свойством аддитивности, т.е. если $A = \left\{ M_k \right\}_{k=1}^n$ – механическая система материальных точек и m_k – масса материальной точки $M_k \in A, k = \overline{1, n}$, то

$$T = \sum_{k=1}^n \frac{m_k \cdot v_k^2}{2}.$$

Это непосредственно следует из утверждения леммы 2.

Отсюда можно сделать заключение об аддитивности массы механической системы невзаимодействующих материальных точек.

Убедимся теперь в неотрицательности массы тела.

Теорема 2. *Масса тела неотрицательна.*

Доказательство. Согласно принципу наименьшего действия Гамильтона материальная точка массой m движется из положения, определяемого обобщенными координатами $q^{(1)}$, в положение, определяемого обобщенными координатами $q^{(2)}$, так, чтобы интеграл

$$S = \int_{t_1}^{t_0} \frac{m \cdot v^2}{2} dt$$

принимал наименьшее возможное значение. Если предположить массу материальной точки отрицательной, то при $t_0 < t_1$ данный интеграл, принимая только отрицательные значения, никогда не достигал бы минимума. Таким образом, масса материальной точки (тела) неотрицательна, что и требовалось доказать.

Обратимся еще к одному очень важному свойству массы тела.

В «Началах» Ньютон, рассматривая центростремительные силы, исследовал также проблему тяготения, которая интересовала его с 1666 года. Ньютон очень досконально исследует силы, с которыми притягиваются тела. Так, например, он следующим образом формулирует следствие 2 теоремы XXXII [1, 249]: *«При любых расстояниях, притяжения шаров пропорциональны объемам шаров, разделенным на квадраты расстояний»*. В результате был сформулирован закон всемирного тяготения: *каждые две материальные частицы M_1 , M_2 притягивают друг друга с силами, равными по модулю, направленными по прямой M_1M_2 , причем модуль этих сил пропорционален массам этих частиц и обратно пропорционален квадрату расстояния между ними.*

Т.е., если массы частиц M_1 , M_2 равны соответственно m_1 и m_2 , то эти частицы притягивают друг друга с силами, модуль которых равен

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}, \quad r = |M_1M_2|, \quad (6)$$

где G – гравитационная постоянная, равная

$$G = (6,6742 \pm 0,0010) \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2.$$

Таким образом, масса тела фигурирует не только во втором законе Ньютона, но и в законе всемирного тяготения.

Определение 5. *Масса тела, входящая в закон всемирного тяготения, называется гравитационной или тяжелой массой.*

Если инертная масса тела характеризует его, так сказать, пассивное свойство материального тела – сопротивление изменению скорости его движению, то гравитационная масса тела может играть совершенно

иную роль. Так, например, если M – масса Земли, а m – масса тела, движущегося в гравитационном поле Земли, то для этого тела имеем уравнение движения в проекции на ось, соединяющую центр данного тела с центром Земли

$$m \cdot a = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}.$$

Откуда $a = G \cdot M / r^2$, т.е. ускорение любого тела, движущегося только в гравитационном поле Земли, пропорционально массе Земли и не зависит ни от массы и ни от материала данного тела.

Нетрудно подсчитать ускорение свободного падения любого тела у поверхности Земли, считая массу Земли $M \approx 6 \cdot 10^{24}$ кг и $R_3 \approx 6370 \cdot 10^3$ м. Тогда $g \approx 9,8$ м/с².

Универсальность ускорения свободного падения g впервые была установлена Галилеем. С очень высокой степенью точности независимость гравитационного ускорения от массы тела была проверена Этвешем в начале XX века и в ряде недавних экспериментов.

Естественно возник вопрос: равны ли друг другу инертная и гравитационная массы для одного и того же тела, характеризующие совершенно различные его физические свойства?

Как следовало из огромного количества опытов, выполненных впервые Ньютоном, затем Бесселем, Этвешем и другими исследователями [6], *инертная и гравитационная массы равны между собою (практически с гигантской точностью – 10^{-15})*.

Итак, масса материального тела является одной из важнейших величин в классической механике. При этом под *массой материального тела* понимают два различных свойства его:

1. *Инертная масса*, которая входит в формулировку второго закона Ньютона и характеризует меру инерции материального тела.
2. *Гравитационная масса*, которая входит в формулировку закона всемирного тяготения. Она характеризует силу, с которой данное материальное тело взаимодействует с внешними гравитационными полями, создаваемыми другими материальными телами (так называемая *пассивная гравитационная масса*), и гравитационное поле, которое создает само это тело (так называемая *активная гравитационная масса*).

Подводя итог, можно сделать вывод, что масса материального тела проявляется в классической механике в нескольких ипостасях:

1. Масса материального тела неотрицательна и аддитивна.
2. Масса материального тела является мерой его инерции.
3. Масса материального тела является источником гравитационного поля.

4. Масса материального тела одинакова во всех инерциальных системах отсчета и не меняется при переходе от одной системы к другой.
5. Масса материального тела не зависит от прилагаемой к нему силы.

Следует отметить, что понятие массы в данном случае рассматривалось только в рамках классической (ньютоновой) механики и не касалось никоим образом понятия массы в релятивистской механике, которое является весьма обширным и чрезвычайно интересным.

Литература

1. Крылов А. Н. «Математические начала натуральной философии» Ньютона (перевод с латинского) / Крылов А. Н. // Собр. тр. – Т. VII. – М. : Изд. АН СССР, 1936. – 696 с.
2. Окунь Л. Б. Понятие массы (Масса, энергия, относительность) / Л. Б. Окунь // Успехи физических наук. – 1989. – Том 158, вып. 3. – С. 511–530.
3. Окунь Л. Б. О письме Р.И. Храпко «Что есть масса?» / Л. Б. Окунь // Успехи физических наук. – 2000. – Том 170, №12. – С. 1366–1371.
4. Храпко Р. И. Что есть масса? / Р. И. Храпко // Успехи физических наук. – 2000. – Том 170, №12. – С. 1363–1366.
5. Ландау Л. Д. Механика / Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. – Издание 7-е, исправленное. – М. : Наука, 1988. – 207 с. – (Теоретическая физика, т. II).
6. Брагинский В. Б. Проверка эквивалентности инертной и гравитационной масс / Брагинский В. Б., Панов В. И. // ЖЭТФ. – 1971. – Том 61, №3. – С. 873.

ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНО-РОЗРАХУНКОВИХ РОБІТ З АСТРОНОМІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ

В.О. Ніжегородцев
м. Київ, Національний педагогічний університет
імені М.П. Драгоманова
nizhegorodcev@ukr.net

Астрономія, як ніяка інша наука, здатна показати всю велич Всесвіту, його цілісність і роль у розвитку існування матерії. Тісний зв'язок між астрономією, фізикою, математикою, біологією та іншими науками сприяє розвитку цілісного сприйняття світу [1, 7].

Останнім часом наукові відкриття в різних галузях астрономії суттєво змінили представлення людини про Всесвіт, тому і очевидним виявляється суттєвий інтерес до астрономічних процесів та явищ.

Сучасне вивчення астрономії може бути організоване, наприклад, за допомогою ефективного використання комп'ютерних засобів навчання, оскільки такі засоби є універсальним способом моделювання астрономічних об'єктів і явищ, що вивчаються в курсі астрономії.

Проблема розробки прикладних програм і методики їх використання на заняттях з астрономії актуальна для сучасної вищої школи. Хоча конкретних робіт в цьому напрямі й багато, але вони не в повному обсязі задовольняють потреби тих, хто навчається, в підвищенні рівня пізнавальної активності.

Проблемно-орієнтовані програми для вивчення астрономії дозволяють розв'язувати досить широке коло завдань, вони забезпечені графічним, відео- та аудіосупроводом. Створення ж власної програми дозволяє реалізувати потреби користувача в розв'язанні завдань, але вимагає знання програмування.

Найбільш універсальним і досить простим, на нашу думку, є використання табличного процесора. Саме такі програми, як електронні таблиці, можуть підвищити наочність моделювання та обробляти значну кількість статистичних даних у лабораторних роботах з астрономії.

Широке застосування в процесі вивчення астрономії відіграють графічні можливості комп'ютера. За допомогою електронних таблиць можна побудувати різноманітні таблиці, графіки, діаграми тощо. Електронні таблиці надають змогу опрацювати значні обсяги даних, що використовуються в лабораторних роботах з астрономії.

У нижче представлених роботах можна розглянути такі складні теми, як: конфігурації планет і їх умови спостереження, петлеподібний рух планет, схеми сонячного та місячного затемнення, їх види і фази,

умови настання, тривалість та кількість місячних затемнень.

Для прикладу наведено кілька складних лабораторних робіт, які представлено в середовищі електронних таблиць.

Лабораторна робота №1. ВИДИМІ ТА ДІЙСНІ РУХИ ПЛАНЕТ.

I. Мета роботи

Ознайомитися з видимим рухом планет на небесній сфері та їх орбітальним рухом у просторі навколо Сонця. Використовуючи елементи еліптичних орбіт планет, побудувати проекції цих орбіт у площині екліптики. Навчитися визначати умови спостереження і тривалість видимості планети протягом ночі на будь-яку дату, а також швидкість руху планети в різних точках її орбіти. Визначити сидеричний період обертання планети.

II. Об'єкт та засоби дослідження

Досліджується петлеподібний рух планети серед зір протягом року. Для цього використовуються екваторіальні координати α і δ планети, за якими зображується видимий шлях планети серед зір на небесній сфері протягом року. Досліджується орбітальний рух планети в просторі шляхом побудови проекції еліпса орбіти планети в площину екліптики. Обчислюються лінійні орбітальні швидкості планети в афелії, перигелії та на середній відстані від Сонця. Виходячи з поняття основних конфігурацій, розглядається питання про умови видимості планети над горизонтом протягом ночі, враховуючи кут її віддалення від Сонця.

III. Робоче завдання

1. Побудувати криву видимого руху для заданої планети серед зір протягом року.

2. Використовуючи елементи орбіти планети, приведені в астрономічному щорічнику, побудувати еліпс орбіти планети, спроектований у площину екліптики.

3. Встановити взаємне розташування планети та Землі на їх орбітах в задану дату, використовуючи їх геліоцентричні довготи, приведені в щорічнику. Позначити на рисунку точки основних конфігурацій для планети.

4. Визначити, коли протягом заданої ночі можна спостерігати планету, врахувавши кут її віддалення від Сонця та конфігурацію.

5. Визначити лінійні швидкості планети в трьох точках орбіти: афелії, перигелії і на середній відстані від Сонця.

Виконання цієї роботи можна представити в комп'ютерному варіанті. На основі комп'ютерної побудови можна візуально на (рис. 1) побачити та в самій програмі передбачити основні конфігурації планет на будь-які задані координати вказаної дати та розглянути питання про умови видимості планети над горизонтом протягом ночі.

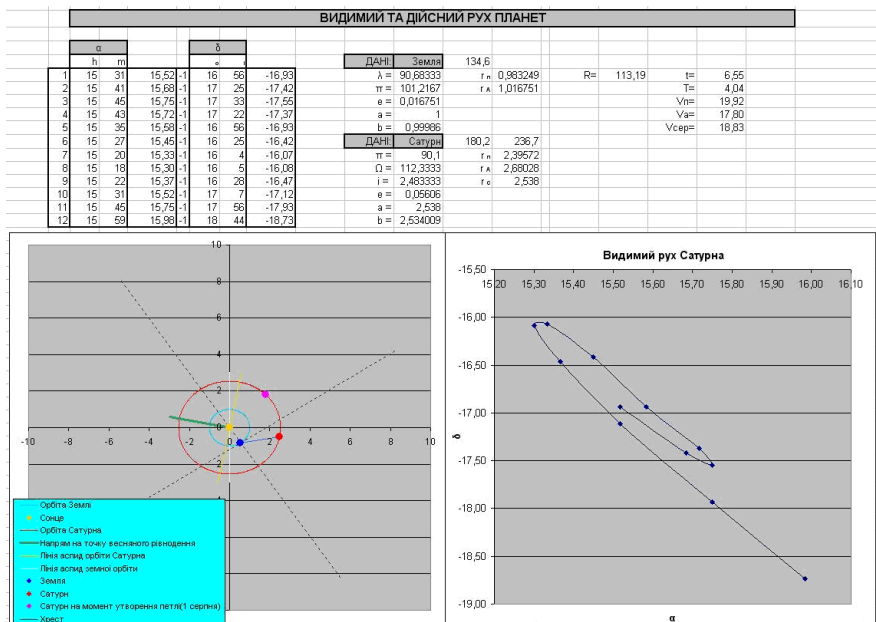


Рис. 1

Лабораторна робота №2.

ВИЗНАЧЕННЯ ДАТ СОНЯЧНИХ І МІСЯЧНИХ ЗАТЕМНЕНЬ.

I. Мета роботи

Ознайомитися з характером руху Місяця протягом року. Навчитися визначати екваторіальні координати вузлів місячної орбіти та річне зміщення цих вузлів. Навчитися визначати зони і дати сонячних та місячних затемнень.

II. Об'єкт та засоби дослідження

Досліджується характер руху Місяця протягом року. Досліджуються умови настання затемнень. Виявляються точки перетину січневого і грудневого шляхів Місяця з екліптикою, тобто січневий та грудневий вузли орбіти Місяця. Визначається зміщення вузлів місячної орбіти протягом року. Установлюються зони затемнень для спадних і висхідних вузлів та дати сонячних і місячних затемнень.

III. Робоче завдання

1. Виявити характер руху Місяця протягом даного року, накресливши екліптику, січневий і грудневий місячні шляхи.
2. Визначити зміщення вузлів місячної орбіти протягом року.
3. Установити межі зон затемнень навколо висхідних та спадних вузлів.

4. Встановити дати сонячних і місячних затемнень за даний рік.
5. Показати на малюнку небесної сфери взаємне розташування Місяця, Сонця та Землі в дату одного сонячного та одного місячного затемнення.

На рис. 2 подано розв'язок поставлених завдань даної лабораторної роботи.

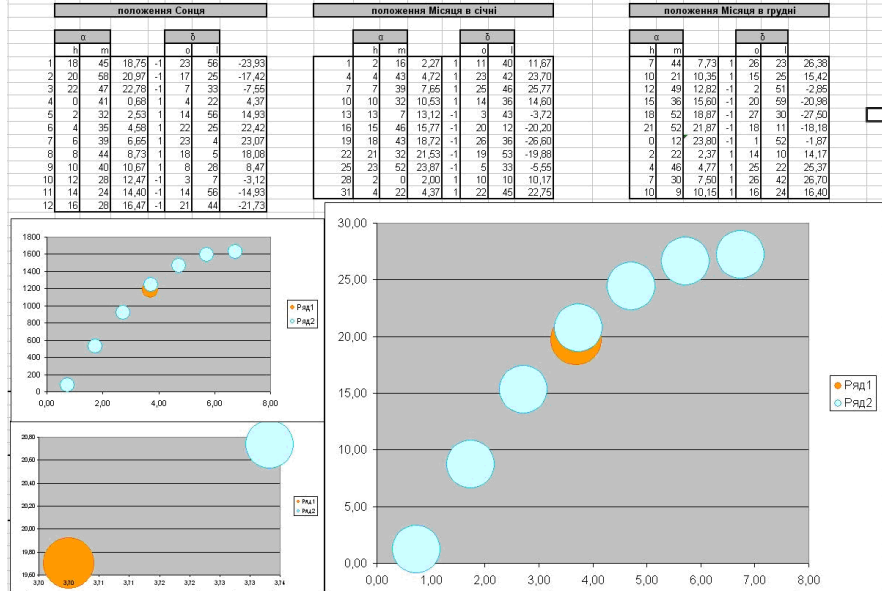


Рис. 2

Важливо, що електронні таблиці дозволяють зберігати в табличній формі не тільки велику кількість вихідних даних, результатів розрахунків, але й зв'язки (математичні співвідношення) між ними, значення яких автоматично перераховуються за заданими формулами при зміні значень вихідних даних, що містяться в інших полях (рис. 3).

При виконанні даних лабораторних робіт використовується наочний посібник, а саме «Астрономічний календар» ГАО НАН України, що видається щорічно, вихідні дані з нього вносяться до створених таблиць в середовищі табличного процесора.

Суттєво збільшити ефективність використання учбового часу дозволяють функціональні можливості електронних таблиць, адже за допомогою формул перетворення координат, внесених у строку формул, перетворення вихідних даних здійснюється майже миттєво.

Ми вважаємо, наприклад, що за допомогою простих електронних таблиць, на яких подано елементи орбіт, параметри обертання і фізичні

характеристики планет Сонячної системи, можна використати зекономлений відведений навчальний час у лабораторній роботі на порівняльний аналіз, опис небесних тіл та їх дію на будь-яку вказану дату та різноманітні координати, тощо. При цьому на початку треба звернути увагу на взаємозв'язок даних, представлених вздовж рядків та стовпчиків цих таблиць. Після цього лише залишається порівняти поміж собою ті чи інші характеристики точок основних конфігурацій планети, характеру руху Місяця та інших.

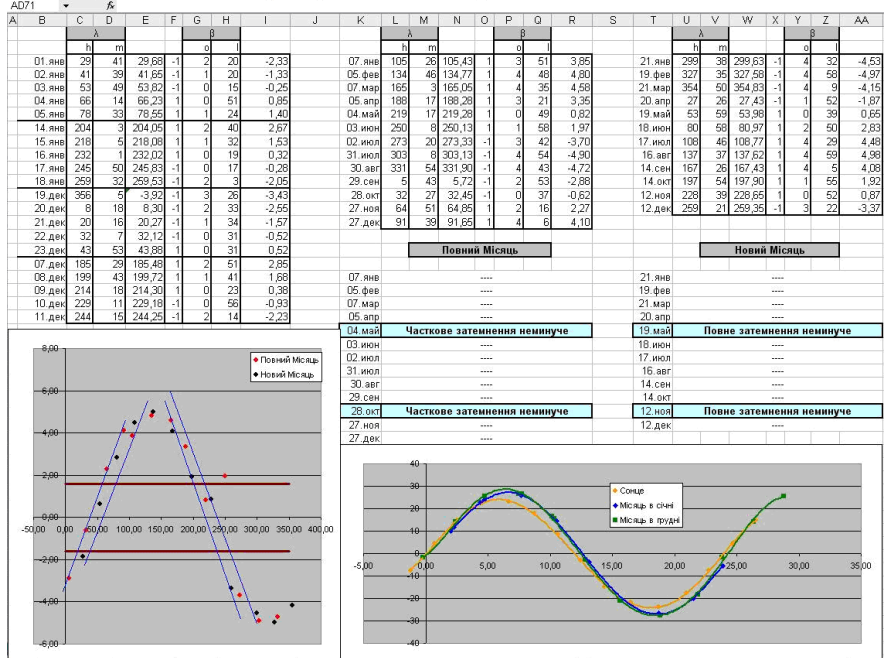


Рис. 3

Це дозволяє відійти від простого перелікового характеру подання учбового матеріалу та зосередити увагу учнів на загальних чи специфічних властивостях окремих планет, характеру затемнень та прогнозування астрономічних явищ та процесів на аналізі створеної графічної побудови.

Такий спосіб виконання лабораторних робіт є одним із випадків комплексного проблемного підходу до навчання. Така робота служить не тільки для отримання та засвоєння нових знань, але і являє собою приклад наукового аналізу та відкриття існуючих у природі причинно-наслідкових зв'язків. Вона демонструє, як треба коректно ставити питання про залежності явищ та властивостей об'єктів, що вивчаються і як

треба давати відповіді на ці питання, хоча, зрозуміло, у певних межах дії тих чи інших законів природи. Такий підхід дозволяє зменшити обсяг матеріалу, який треба механічно запам'ятати, та інтенсифікує аналітичну розумову діяльність учнів.

Така форма проведення занять підвищує зацікавленість до предмету, дозволяє використати можливості ЕОМ у загальноосвітніх предметах, дозволяє кожному учневі показати свої можливості, додає впевненість та стимулює. Такі знання, навички та вміння учень здобуває сам за допомогою комп'ютера.

Не варто розглядати комп'ютерні лабораторні роботи як альтернативу класичним роботам – на даному етапі вони є, на наш погляд, добрим доповненням до класичного циклу. Якщо зважити на реалії нашого життя (прилади та обладнання в практикумах швидко морально і фізично старіють, астрофотоплатівки та фотореактиви є чимось недосяжним і т.д.), то комп'ютерний варіант має ту перевагу, що оновлення лабораторних робіт є набагато простішим, ніж в класичному варіанті, і потребує порівняно невеликих затрат. Більше того, самі ж учні можуть приймати участь у створенні нових робіт, програмуючи їх як завдання з курсу програмування, тощо [2].

Вищеподаний зразок виконання лабораторних робіт у середовищі електронних таблиць можна застосувати як під час позаурочної роботи з астрономії у ВНЗ під час проведення лабораторних робіт з астрономії, так і на астрономічних гуртках.

Уміння опрацьовувати дані за допомогою табличного процесора на лабораторних роботах допоможе викладачеві підвищити ефективність навчального процесу. Учень може досліджувати астрономічні явища та фізичні процеси Всесвіту, змінюючи параметри вихідних даних в лабораторних роботах, порівнювати отримані результати, аналізувати їх, робити висновки. Таке використання комп'ютера корисно тим, що прищеплює учневі навички дослідницької діяльності, формує пізнавальний інтерес, підвищує мотивацію.

Література

1. Астрономія : Лабораторний практикум : навчальний посібник для вищих навчальних закладів / Г. М. Бойко, О. П. Ващенко, Г. О. Грищенко, А. В. Рибалко. – К. : НПУ імені М.П.Драгоманова, 2007.
2. Івченко В. М. Використання лабораторного практикуму з курсу загальної астрофізики у учбовому процесі / Івченко В. М., Чолій В. Я. // Зб. матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Астрономічна освіта учнівської молоді». – К., 2003. – С. 140–141.

ПОЄДНАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ І ПРАКТИЧНОЇ КОМПОНЕНТІВ ЗНАНЬ З ФІЗИКИ І КРИТЕРІЇ ВІДБОРУ ЗМІСТУ НАВЧАННЯ

С.М. Пастушенко
м. Київ, Національний авіаційний університет
spas@univ.kiev.ua

Важливою для практичних завдань підготовки сучасних інженерних спеціалістів важливою залишається проблема поєднання теоретичної і практичної компонентів знань у змістових модулях КМСОНП, пошук нових теоретичних підходів до проектування навчального процесу з фізики стосовно до профілю майбутньої професійної діяльності.

У наших попередніх роботах [1–3] було висвітлено загальні засади методичної системи навчання фізиці студентів технічних університетів і шляхи реалізації міжпредметних зв'язків курсу загальної фізики з спеціальними дисциплінами. При цьому підкреслювалося, що навчальна дисципліна «Фізика» являє цілісну систему взаємопов'язаних за допомогою фундаментальних фізичних понять змістових модулів, а для впровадження сучасних педагогічних технологій щодо оволодіння навчальним матеріалом окремих модулів необхідно глибоко розуміти сутність фізичних теорій.

Там же зазначалося, що пріоритети вивчення фізики в вищих технічних навчальних закладах можна сформулювати у вигляді таких задач:

- вивчення основних фізичних явищ,
- оволодіння фундаментальними поняттями, законами й теоріями фізики;
- оволодіння методами фізичного дослідження;
- оволодіння прийомами й методами розв'язання фізичних задач;
- здобуття вмінь і навичок виділяти конкретний фізичний зміст в прикладних задачах майбутньої діяльності.

Загальновідомо, що фізика як наука про найпростіші і найзагальніші властивості і закони природи не ставить і не розв'язує проблем викладання відкритих нею законів. Ці знання надає викладачеві методика фізики, яка створює певну педагогічну «технологію», що забезпечує здійснення навчального процесу з найбільшою результативністю. Зміст, методи й історія фізики в руках викладачів ВНЗ мають бути потужним засобом розвитку інтелектуальних якостей і внутрішніх сил студентів.

Одне з основних положень методики фізики стверджує, що необхідною (але не достатньою) умовою навчання фізиці є глибоке знання вчителем свого предмета. Іншою необхідною умовою успішного викладання фізики є знання і використання викладачем в повсякденній прак-

тиці найбільш ефективних методів і прийомів навчання.

До таких методів належить раціональний відбір навчального матеріалу, оскільки за обмеженої кількості навчальних годин у вузівському курсі фізики може бути відбита лише невелика частина фізичних знань. При цьому в самій науці немає вказівок на принципи відбору змісту навчання. Такі критерії розробляє методика фізики. Перелічимо їх.

1. Зміст навчання повинен складати систему фізичних знань, яка дає уявлення про сучасну фізику як базу ідей і методів розвитку як власне фізики, так і сучасної техніки.

2. Зміст навчання повинен бути доступним для студентів з різним рівнем базових знань.

3. Зміст навчання повинен складати основу для розвитку мислення майбутніх інженерів, формування в них наукового світогляду, розвитку їхніх творчих навичок, вмінь і здібностей, необхідних для повсякденної практики і подальшого навчання.

Відповідно до вказаних положень розглянемо *дидактичні функції міжпредметних зв'язків* на прикладі вивчення молекулярної фізики і термодинаміки.

Однією із важливіших в сучасній дидактиці є проблема *змісту освіти*. Головна дидактична функція міжпредметних зв'язків полягає в їхньому впливі на зміст освіти. Базовим компонентом змісту освіти є *структура навчальної дисципліни* як цілісної системи, складеної з окремих елементів.

Базовим компонентом змісту освіти є *структура навчальної дисципліни* як цілісної системи, складеної з окремих елементів. У педагогічній літературі *елемент* або *одиниця навчального матеріалу* розглядається як невелика його частина, що має «певний зміст, достатньо значимий для того, щоб стала відчуватися потреба внести ряд завдань або вправ для закріплення і засвоєння інформації, що міститься в ній, і провести перевірку якості засвоєння її» [4].

Зміст освіти збагачується, коли у процесі вивчення однакових одиниць знань (наприклад, певних об'єктів або явищ) різними дисциплінами відбувається *узагальнення* одиниць знань.

Застосування міжпредметних зв'язків дає можливість узагальнювати одиниці знань, засвоюючи суму знань, двома способами: залучати з різних предметів окремі самостійні елементи, з яких потім «збирається» цілісне знання, або відразу вивчати взаємозв'язані частини цілісного знання. Переваги другого способу очевидні. Він не тільки зливає дві дії в одну, але й забезпечує більшу глибину пізнання.

Тому, витримуючи фундаментальний дидактики – принцип наступності навчання, і враховуючи необхідність знань фізичної термінології,

можна провести аналіз змісту фізичного знання з будь-якого розділу фізики через виділення усіх термінів, які входять до відповідних розділів програм з фізики в середній школі і вищих технічних навчальних закладах.

Тепер розглянемо фундаментальну складову фізичної університетської освіти (зокрема, в технічному університеті). Ця складова має формувати у студентів ясні уявлення щодо основних понять і законів фізики, засвоєння сучасного стилю фізичного мислення, оволодіння студентами методів наукових досліджень і формування наукового світогляду. Для вузівського кола знань властива ще більша ступінь абстрагування, формалізації і глибини фундаментальності знань, ніж в середній школі.

Однією із пріоритетних задач (цілей) курсу фізики має бути формування у студентів фундаментальних фізичних понять та чітких уявлень про фундаментальні фізичні теорії. Саме ґрунтування змісту курсу загальної фізики навколо фундаментальних фізичних теорій дозволяє реалізувати цілісність фізичної освіти.

Разом з цим методи, форми та засоби навчання, поряд з традиційними, повинні містити такі, які адекватні майбутній професійній діяльності студентів. Це означає, що у змісті навчальної дисципліни «фізика» фундаментальне наукове фізичне знання та прикладне технічне знання повинні бути представлені в єдності; при цьому перше складає інваріантну частину, друге – варіантну. В цьому разі створюються умови, які сприяють здійсненню міжпредметних зв'язків, а розробка конкретних методів встановлення взаємозв'язків у значній мірі залежить від творчої ініціативи самих викладачів. На нашу думку,

для здійснення міжпредметних зв'язків кожний викладач має бути добре знайомий з усім навчальним планом із даної спеціальності і програмами суміжних курсів, а також із змістом і науковим рівнем матеріалу з фізики, який викладається в спеціальних дисциплінах.

У зв'язку із висловленим вище наведемо загальні міркування щодо цілей і задач курсу фізики.

Безсумнівно, в усі часи причиною і поштовхом до розвитку фізичного знання був технічний прогрес. Завдяки надзвичайній широті практичних застосувань фізика завжди була основним знаряддям технічного прогресу. І натеper головною особливістю сучасної фізики є її нерозривний зв'язок з технікою, більше того – виражена тенденція до злиття цих двох областей людської діяльності.

Фізика як наука продукує фундаментальні знання, що розкривають усю сукупність закономірностей природи, суспільства і мислення безвідносно до суб'єкта, що пізнає або діє, вона також встановлює

закономірності відносин мислення до буття, суб'єкта до об'єкта. Фізиці як дисципліні притаманне формування репродуктивних методів пізнавальної діяльності, що полягають у навчанні законам і формам логічного мислення з одного боку і в навчанні розумовим операціям (аналіз, синтез, порівняння, оцінювання) – з іншого.

Фізика як дисципліна має безпосереднє відношення до навчання випускника інженерного вузу, що відповідає системі загальних вимог:

- поєднання творчих знань і практичної підготовленості;
- здатність до творчих підходів у розв'язанні задач;
- уміння орієнтуватися в нестандартних умовах і ситуаціях;
- аналізувати проблеми, ситуації, задачі, а також розробляти план дій.

Внаслідок перерахованих особливостей навчальна дисципліна «Фізика», що представляє собою педагогічно адаптовану сукупність фізичних знань, умінь і навичок, виконує найважливіші освітні і виховні функції.

3 огляду на все сказане, можна сформулювати **загальні цілі навчання фізики випускника технічного вузу.**

1. Організація вивчення передбачених програмою розділів курсу фізики, фактичного матеріалу, необхідного для оволодіння суміжними і спеціальними дисциплінами.

2. Виховання відношення до фізики як науки, що дозволяє розв'язувати інженерні задачі.

3. Розвиток фізичного мислення і виховання фізико-математичної культури.

4. Формування в студентів діалектичного мислення.

5. Уміння об'єктивно оцінювати соціальні наслідки науково-технічного прогресу в сучасних умовах.

Література

1. Пастушенко С. М. Структура змістового модуля у курсі фізики в технічному університеті / С. М. Пастушенко // Фізика в школі. – 2005. – №5. – С. 23–27.

2. Пастушенко С. М. Модульне структурування курсу фізики і впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу / С. М. Пастушенко // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Засоби і методи навчання фізики», Чернігівський держ. пед. ун-т ім. Т.Г.Шевченка, 25-27 червня 2004 р. – С. 12–17.

3. Пастушенко С. М. Модульное структурирование курса физики в техническом университете / С. М. Пастушенко // Управление качеством обучения в системе непрерывного профессионального образования (в

контексте Болонской декларации) : Научные труды XXII Международной научно-методической конференции (г. Москва, МГУТУ, 21-22 марта 2006 г.). – С. 336–342.

4. Ильина Т. А. Структурно-системный подход к организации обучения / Ильина Т. А. – М. : Знание, 1972. – Ч. 1. – 72 с.

ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ АВІАЦІЙНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

С.М. Пастушенко, Т.С. Лень
м. Київ, Національний авіаційний університет
spastu@ukr.net

У процесі навчання фізиці у студентів формується і розвивається діалектичне мислення, здатність до теоретичних узагальнень, та творче відношення до професійної праці. Розглянемо деякі методичні питання навчання фізиці у Національному авіаційному університеті студентів, що навчаються в галузі знань 0511 «Авіаційна і ракетно-космічна техніка» за напрямом підготовки 6.051101 «Авіа- та ракетобудування» та в галузі знань 0701 «Транспорт і транспортна інфраструктура» за напрямом підготовки «Обслуговування повітряних суден».

У роботах [1–4] розглядалися окремі питання розробки спільних заasad побудови навчальної дисципліни «Фізика». Зокрема, автором даного дослідження на кафедрі теоретичної фізики Національного авіаційного університету протягом 2001–2009 рр. успішно розв'язані певні питання викладу молекулярної фізики і термодинаміки, втілено авторську методику, викладену в навчальних посібниках [5; 6].

Розглянемо можливості інтенсифікації усіх видів занять з курсу загальної фізики: лекцій, практичних і лабораторних занять, індивідуальної і самостійної роботи. Актуальність вдосконалення проведення всіх видів навчальних занять з молекулярної фізики і термодинаміки впливає з таких міркувань. Молекулярна фізика, яка вивчається відразу після механіки, є важливою складовою частиною курсу фізики. У подальшому – в курсах технічної термодинаміки, теорії теплових двигунів, екології – поняття молекулярної фізики стануть предметом більш глибокого вивчення або основою різних практичних застосувань. Тому у посібниках автора реалізовано міжпредметні зв'язки курсу молекулярної фізики з переліченими вище та іншими дисциплінами, які вивчаються в сучасному авіаційному університеті. Зокрема, звертається увага на те, які саме фізичні закони покладено у принципи побудови і роботи тих чи інших авіаційних приладів і пристроїв (теплових двигунів, холодильних машин та ін.).

Теоретичні знання з молекулярної фізики і термодинаміки, викладені на лекції, закріплюються насамперед в ході проведення практичних і лабораторних занять. При цьому важливим елементом інтенсифікації цих видів занять в умовах обмеженої кількості навчальних годин, пе-

редбачених навчальними програмами, є впровадження тестових технологій навчання.

Тестові завдання, розроблені автором, дозволяють швидко перевірити рівень знань студентів з кожної навчальної теми як на практичних, так і на лабораторних заняттях. У кожному комплекті тестових завдань – 16 варіантів по 6 завдань в кожному (4 теоретичних завдання, 2 завдання у вигляді задач з найпростішими обчисленнями на перевірку знань формул.

До кожного тестового комплекту вміщено тестові завдання різної форми: завдання з вибором однієї правильної відповіді, завдання на встановлення відповідності (логічні пари, визначення правильної послідовності). При цьому витримано вимоги щодо різних рівнів засвоєння учнями знань, до характеру практичних умінь і навичок, розумових дій і ступеня наукових узагальнень, встановлення взаємозв'язків.

Рівні засвоєння студентами знань, вмінь і навичок можна умовно поділити на три рівні, подібних до вимог на зовнішньому незалежному оцінюванні з фізики випускників середніх загальноосвітніх навчальних закладів. Це такі рівні:

1 рівень – розуміння – виконання завдань, що потребують простого відтворення знань: факти, поняття, формули, закони, теорії (ознайомлення з фактами, експериментами, початковими відомостями теорії та її наслідками, розпізнавання явищ та предметів за ознаками, зокрема знання назв приладів і галузі їхнього застосування; знання символічних позначень фізичних величин і приладів).

2 рівень – застосування – виконання завдань, що передбачає оперування знаннями в стандартних ситуаціях (за зразком, вказівками) і спрямований на виявлення розуміння матеріалу, що вивчається (знання і розуміння фізичних величин і формулювань фізичних закономірностей, їхнього математичного вираження; знання будови і розуміння принципу дії приладів, уміння знімати покази вимірювальних приладів).

3 рівень – аналітико-синтетичний – застосування знань і вмінь у відомих ситуаціях, використання знань за алгоритмами; розв'язування завдань, які вимагають відтворення й осмислення знань (застосування теорії для пояснення явищ, уміння розбити матеріал на складові з метою визначення відмінностей та загальних ознак або встановлення взаємозв'язків між різними групами, зокрема уміння зображувати графічно взаємозв'язки між фізичними величинами, уміння вирішувати розрахункові задачі на основі відомих формул).

Тестування проводиться з метою визначення як студент:

– на основі знання законів фізики та фундаментальних фізичних експериментів встановлює зв'язок між явищами навколишнього світу;

– знає та вміє застосовувати основні поняття, закони, правила, закономірності та формули курсу фізики середньої загальноосвітньої школи;

– порівнює загальні риси і суттєві відмінності фізичних явищ та предметів;

– використовує теоретичні знання під час розв'язування задач;

– володіє практичними уміннями та навичками: складати план дій щодо виконання експерименту, користуватися вимірювальними приладами, обробляти результати дослідження (читати прості електричні схеми та графіки, складати таблиці, визначати похибки), робити висновки щодо отриманих даних;

– знає принцип дії простих пристроїв та вимірювальних приладів на основі фізичних уявлень;

– аналізує графіки залежностей між фізичними величинами;

– правильно використовує одиниці фізичних величин.

Наведемо приклад тестового завдання, що пропонується під час допуску до лабораторної роботи «Визначення відношення теплоємностей газів».

Варіант 5

1. Вкажіть процес, під час якого внутрішня енергія газу зменшується тільки за рахунок виконаної газом роботи.

А. Ізотермічний. **Б.** Ізохорний. **В.** Адіабатний. **Г.** Ізобарний.

2. Укажіть вираз, що відповідає питомій теплоємності ідеального газу при постійному тиску.

А. $\frac{1}{2} \tilde{R}$ **Б.** $\frac{i}{2} \tilde{R}$ **В.** $\frac{i}{2M} \tilde{R}$ **Г.** $\frac{i+2}{2M} \tilde{R}$ **Д.** $\frac{i+2}{2} R$.

3. Вкажіть умову, яка характеризує оборотний термодинамічний процес.

А. Процес повинний бути замкненим, тобто початок і кінець процесу повинні збігатися.

Б. Процес може бути проведений у зворотному напрямі так, щоб система повернулася в початковий стан.

В. Процес може бути проведений у зворотному напрямі так, щоб система повернулася в початковий стан і в навколишньому середовищі не було при цьому ніяких змін.

Г. Процес протікає вкрай повільно і в навколишньому середовищі змін не відбувається.

Д. Процес складається з ізотермічного і адіабатного розширення та аналогічних видів стиснення.

4. Якій умові задовольняє оборотний процес в ізолюваній системі?

А. Ентропія системи зменшується.

Б. Ентропія системи збільшується.

В. Ентропія системи збільшується, а потім зменшується.

Г. Ентропія системи зменшується, а потім збільшується.

Д. Ентропія системи залишається незмінною.

5. В ізобарному процесі азоту передано 140 Дж теплоти. На скільки збільшилася внутрішня енергія азота?

А. 140 Дж. Б. 100 Дж. В. 75 Дж. Г. 70 Дж. Д. 40 Дж.

6. Визначте зміну ентропії ΔS при перетворенні 5 кг води в пару при температурі 100°C . Питома теплота пароутворення води дорівнює $2,3\text{МДж/кг}$.

А. $308\text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}$. Б. $617\text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}$. В. $6,17\text{ кДж}\cdot\text{К}^{-1}$. Г. $12,3\text{ кДж}\cdot\text{К}^{-1}$.

Д. $30,8\text{ кДж}\cdot\text{К}^{-1}$.

З метою доступності змісту тестових завдань автором розроблено «Словник фізичних термінів, які застосовують в авіаційних і спеціальних технічних дисциплінах»; словник укладено на основі навчального матеріалу підручника «Молекулярна фізика і термодинаміка». Ці терміни необхідні для розуміння фізичних задач із професійною (авіаційною) тематикою. Наведемо деякі статті цього словника, які дозволяють з'ясувати фізичний зміст наведених вище тестових завдань.

Баричний ступінь – висота, на яку треба піднятися над Землею, щоб атмосферний тиск зменшився на 1 мм рт. ст.

Барометрична формула – залежність атмосферного тиску від висоти над Землею, розрахована у моделі ізотермічної атмосфери.

Стандартна атмосфера – модель ізотермічної атмосфери, прийнята для розрахунків в цивільній авіації, для моделі С.а. тиск $p=101,3\text{ кПа}$, температура повітря $t=15^\circ\text{C}$.

Цикл Отто – цикл теплової машини, що складається з двох ізохор та двох адіабат, тобто теплота підводиться і відводиться при постійних об'ємах. Використовується в газових і карбюраторних двигунах внутрішнього згоряння. Особливістю двигунів, що працюють за Ц.О., є те, що в них стискається робоча суміш, виготовлена зовні циліндра. Почергово відбуваються такі процеси: усмоктування робочої суміші (газ–повітря або пара легкого палива–повітря); адіабатне стискування робочої суміші, наприкінці якого відбувається запалювання робочої суміші від електричної іскри; швидке зростання температури й тиску продуктів згоряння (практично за постійного об'єму); адіабатне розширення продуктів згоряння (робочий хід поршня). Наприкінці згоряння відкривається випускний клапан, відбувається падіння тиску в циліндрі за постійного об'єму; виштовхування поршнем продуктів згоряння.

Таким чином, у цій роботі вперше:

1. Структуровано *елементи* або *одиниці змісту навчального матеріалу* з молекулярної фізики і термодинаміки (модуль 2 курсу фізики в

Національному авіаційному університеті); знання навчальних елементів необхідне для успішного подальшого вивчення спеціальних дисциплін.

2. Розроблено систему тестових завдань з молекулярної фізики і термодинаміки для перевірки знань і умінь студентів з урахуванням змісту фізичного знання в спецкурсах з технічної термодинаміки.

3. Складено словник фізичних термінів з молекулярної фізики і термодинаміки з урахуванням фундаментальної та професійної компонент фізичних знань.

Література

1. Пастушенко С. М. Професійна спрямованість вивчення механіки у курсі фізики у вищих навчальних закладах / Пастушенко С. М. // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. – Випуск 39 (2). Серія: Педагогічні науки. – Чернігів : ЧДПУ, 2008. – С. 137–143.

2. Пастушенко С. М. Модульне структурування курсу фізики і впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу / С. М. Пастушенко // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Засоби і методи навчання фізики», Чернігівський держ. пед. ун-т ім. Т.Г.Шевченка, 25-27 червня 2004 р. – С. 12–17.

3. Пастушенко С. М. Структура змістового модуля у курсі фізики в технічному університеті / С. М. Пастушенко // Фізика в школі. – 2005. – №5. – С. 23–27.

4. Пастушенко С. М. Модульное структурирование курса физики в техническом университете / С. М. Пастушенко // Управление качеством обучения в системе непрерывного профессионального образования (в контексте Болонской декларации) : Научные труды XXII Международной научно-методической конференции (г. Москва, МГУТУ, 21-22 марта 2006 г.). – С. 336–342.

5. Пастушенко С. М. Загальна фізика. Молекулярна фізика і термодинаміка / Пастушенко С. М. – К. : Діал, 2005. – 184 с.

6. Пастушенко С. М. Розв'язуємо задачі з фізики : навч. посібник. (У трьох частинах) / Пастушенко С. М. – К. : Діал, Абетка, 2007. – Вип. 2. Молекулярна фізика і термодинаміка. – 220 с.

УЗАГАЛЬНЮЮЧІ ТАБЛИЦІ З ФІЗИКИ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОГО СТИЛЮ МИСЛЕННЯ СТУДЕНТА

С.В. Повар

м. Кривий Ріг, Криворізький технічний університет
sv.povar@bk.ru

Можна стверджувати, що людина народжена для творчості, як птах для польоту. Людина завжди відчуває потребу у функціонуванні пізнавальних нейродинамічних структур (В.С. Ільїн, [1, 123]), прагне заглибитись у суть пізнаваного (І.Я. Ланіна, [4, 4]), мислити творчо. Завдання педагога полягає у створенні повноцінних умов для формування продуктивного стилю мислення (ПСМ) особистості майбутнього фахівця [5]. Проблема формування ПСМ вирішується, зокрема, у взаємозв'язку з проблемою формування мотивів навчальної діяльності.

Як відмічав Л.С. Виготський, думка не народжується іншою думкою. Вона є продуктом мотивуючої сфери нашого пізнання, яка охоплює наші потяги й потреби, спонуки, емоції та почуття [7, 241].

Згідно з інформаційною теорією емоцій П.В. Симонова, *емоція* – це відображення співвідношення між величиною потреби та можливістю її задовольнити в даний момент:

$$E = P \cdot (H - C), \quad (1)$$

де емоція E – це потреба P , помножена на недостатність інформації як різницю між інформацією необхідною – H та інформацією, якою володіє суб'єкт, – C [7, 352].

Звідси можна зробити висновок: якщо суб'єкт сподівається, що можливість задовольнити дану потребу існує, то виникає *мотив* діяльності як внутрішня причина поєднання зовнішніх та внутрішніх сил. *Мотив* – це обґрунтоване рішення задовольнити нагальну потребу. Отже, мотиви є джерелом діяльності людини. У процесі діяльності формуються нові мотиви.

Потреба і мотив виливаються у пізнавальний інтерес.

Коли сформовані мотиви навчальної діяльності, студент самостійно відшукує потрібну інформацію, творчо її переосмислює. Він, окрім статусу об'єкта впливів педагога, набуває статусу суб'єкта, який формує свій продуктивний стиль мислення як стратегію і тактику розв'язування завдань.

Важливо, що під час пошуку та сприйняття нової інформації блокується канал негативних емоцій. Це є механізм психологічного захисту.

Розумовий розвиток особистості прямо пропорціональний засвоє-

ному обсягу взаємопов'язаних знань, а продуктивність навчання прямо пропорціональна зацікавленості в ньому, – підкреслює І.М. Козловська [2, 131], тобто

Розумовий розвиток ~ обсяг знань
Продуктивність навчання ~ зацікавленість

Зазвичай одним із засобів зацікавлення в навчанні є видача на ввідній лекції з фізики роздрукованих програмних питань навчальних модулів даної частини курсу.

Студент бачить приблизний обсяг навчального матеріалу і порівнює його з наявними базовими знаннями шкільного курсу фізики. Це викликає відповідні емоції та інтелектуальні почуття (подив, цікавість, допитливість), а також почуття сумнівів у спроможності освоїти цей програмний матеріал. Негативний вплив сумнівів та опір сприйняттю нової інформації можна зменшити, якщо на цій лекції ще роздати студентам «Зведену таблицю формул і графіків» навчального модуля (для доопрацювання: доповнень та побудови структурних зв'язків; доопрацьовану таблицю будемо називати узагальнюючою). (У багатьох підручниках і посібниках теж надаються зведені таблиці, але тільки після викладу матеріалу розділу). Студенти відчують щирі наміри лектора прийти їм на допомогу, і спілкування має стати емоційнішим та повноціннішим: спрацьовує формула (1).

На цій лекції відмічається, що розміщені у таблиці формули законів фізики – це багаторічні відкриття вчених. Але вони за програмою курсу фізики вивчаються за короткий час; частина з них розглядається через експерименти й аналіз на лекціях, лабораторних роботах і практичних заняттях. Завдяки узагальнюючій таблиці, де відображені взаємозв'язки явищ природи, підсилюється системність знань, комплексність навчання. Щоб вивчити фізичне явище, треба охопити якомога більше зв'язків з відомими параметрами явища. Узагальнюючі таблиці, основа яких заготовлена викладачем, стають у пригоді під час вивчення даного модуля, а за доопрацювання таблиці (до цілісної системи базової інформації з її структурними зв'язками) на узагальнюючому занятті може бути виставлена оцінка.

На практичних заняттях потрібна не лише прив'язка певної формули до умови задачі (як *прагматична* сторона навчання). Усвідомлені базові знання повинні використовуватись студентом *творчо*, зокрема, при самостійному доповненні узагальнюючих таблиць і при складанні задач (в тому числі узагальнюючих наскрізних задач). Тоді з'являється впевненість у своїх силах, розвивається інтерес до предмету.

Теорія поетапного формування розумових дій (П.Я. Гальперін) виокремлює 5 етапів:

- 1) організація механізмів сприйняття,
- 2) формування початкових уявлень,
- 3) освоєння розумових операцій з даним поняттям,
- 4) емпіричне і теоретичне узагальнення накопичених знань,
- 5) їх застосування.

Виходячи з цієї теорії та з вищесказаного, можна вважати за доцільне поєднувати етап 4 з етапами 1–3 принагідно, принаймні як упровадження узагальнюючих таблиць, схем, наскрізних задач. Завдяки узагальнюючим таблицям відбувається:

- 1) актуалізація програмних питань, оскільки в таблицях сконцентровано відповідну систему законів (на етапі 1);
- 2) актуалізація змісту програми, відтворення і поповнення наявних базових знань, поелементне вивчення матеріалу, надання інформаційному навчанню аналітичного характеру (на етапі 2);
- 3) прояв динамізму змісту програми, концентрація уваги на потрібній формулі, яку легко відшукати за наявності нумерації, унаочнення взаємозв'язку фізичних величин, прискорення процесу формування знань (на етапі 3);
- 4) подальша систематизація та узагальнення навчального матеріалу, його закріплення при розв'язуванні та складанні задач (етапи 4, 5).

Близько 20% наданої інформації сприймається слуховими органами і 80% – зоровими. Узагальнююча таблиця – носій закодованої візуальної інформації. Розв'язуючи задачі, студент поступово запам'ятовує кожну її частину осмислено, з розшифровкою. Мислення студента є творчим або продуктивним (суб'єктивно творчим), коли у процесі розв'язування завдання він одержує приріст знань. Успішно осилуючи завдання творчого спрямування одне за одним, студент отримує задоволення собою і формує продуктивний стиль мислення.

Узагальнююча таблиця може бути складена з декількох самостійних частин певного теоретичного рівня. Мова таблиці включає малюнки, формули і графіки залежностей фізичних величин, слова, логічні зв'язки тощо.

Як приклад розглянемо складену нами узагальнюючу таблицю «Теплові явища. Зміна агрегатних станів речовини. Ентропія» (рис. 1) [6].

Виявилось, що на основі відповідного матеріалу шкільного курсу фізики [3] можна ввести графічним методом поняття ентропії S як міри хаотичності руху молекул речовини. Це уможливило зображення кількості теплоти Q (зв'язаної енергії), одержаної тілом у певному процесі, – саме в системі координат OST (подібно зображенню роботи A в системі координат OVP). OS – це термодинамічна координатна вісь (як еквівалент осі часу).

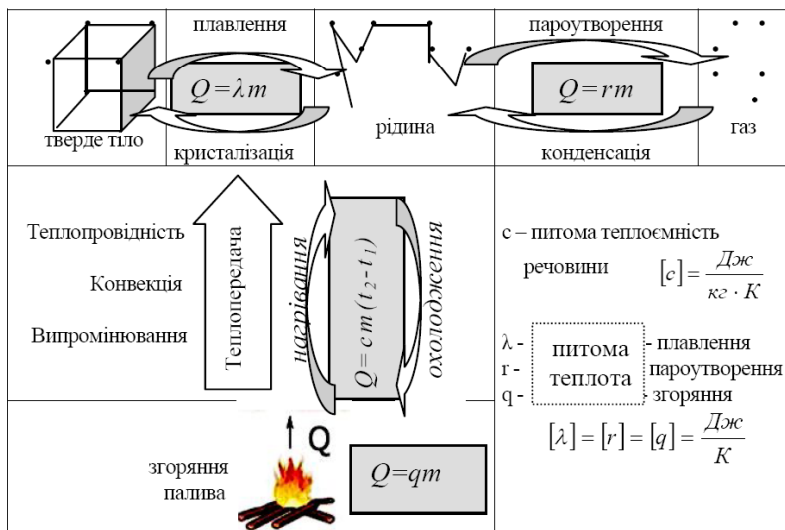
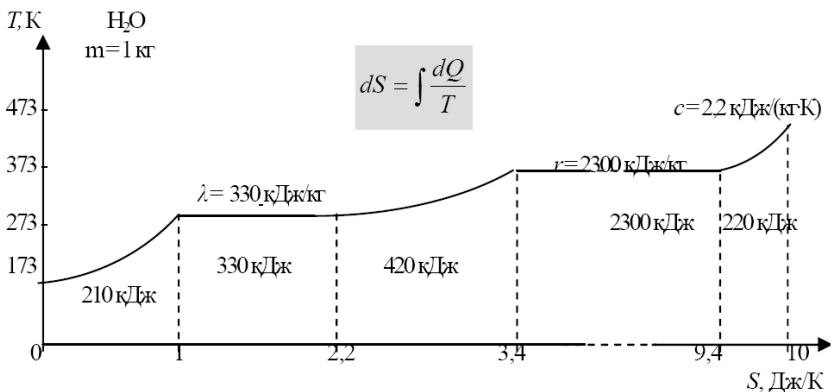


Рис. 1. Теплові явища. Зміна агрегатних станів речовини. Ентропія (перший, третій і п'ятий відрізки кривої температур – логарифміки, злегка ввігнуті).

На основі цієї таблиці студентам пропонується скласти ряд запитань і задач кількісного та якісного характеру. Наприклад, перевірити розв'язки даної наскрізної задачі, знайти ті значення величин, які пропущені в позначеннях ділянок графіка залежності $T(S)$. Можна дати фізичний диктант (вставити пропущені слова):

«Тверді тіла мають кристалічну структуру, тому вони (*міцні*) і мають (*постійну форму*). Рідини і (*гази*) не мають цих властивостей

Молекули в (*рідині*) розміщені щільно одна біля одної, як і у твердому стані. Тому тверді тіла і рідини мають (*постійний об'єм*).

А між молекулами (*газу*) відстані великі, тому взаємодія відсутня, і (*газ*) займає об'єм посудини, в якій знаходиться.

Якщо твердому тілу надавати досить велику кількість теплоти, то воно (*нагрівається*) до температури плавлення, (*плавиться*), утворена рідина (*нагрівається*), потім кипить (*випаровується*), її пара (*нагрівається*). Цей процес зворотний: пара (*охолоджується*), (*конденсується*) в рідину, рідина (*охолоджується*) і (*кристалізується*) (тверде тіло)».

Узагальнюючі таблиці допомагають студентам бачити, як діють закони фізики у житті. За допомогою фізики студенти залучаються до роздумів про навколишній світ. Усвідомлення знань, їх застосування у процесі розв'язування певного масиву завдань творчого спрямування за підтримки мотиваційно-емоційного фону – це основні чинники формування ПСМ студента, а узагальнюючі таблиці при цьому є опосередкованим засобом.

Література

1. Ильин В. С. Проблемы воспитания потребности в знаниях у школьников : дис. ... доктора пед. наук / Ильин В. С. – М., 1971.
2. Козловська І. М. Теоретико-методологічні аспекти інтеграції знань учнів професійно-технічної школи (дидактичні основи) / Козловська І. М. – Львів : Світ, 1999. – 301 с.
3. Коршак Є. В. Фізика, 8 кл. : підручник для серед. загальноосвіт. шк. / Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф. – К.; Ірпінь : Перун, 1999. – 192 с.
4. Ланина И. Я. Формирование познавательных интересов на уроках физики / Ланина И. Я. – М. : Просвещение, 1985. – 128 с.
5. Повар С. В. Формування продуктивного стилю мислення старшокласника / Повар С. В. // Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі : зб. наук. праць. Вип. VII. – Кривий Ріг : Вид. відділ НМетАУ, 2008. – С. 207–210.
6. Повар С. В. Фізика. Ч. 2. Молекулярна фізика : конспект лекційно-практичних занять для іноземних слухачів підготовчого відділення / Повар С. В. ; КТУ. – Кривий Ріг, 2010.
7. Психологія : підручник для студентів вищих навчальних закладів / За ред. Е.Л. Трофимова. – К. : Либідь, 2001. – 560 с.

МОТИВОВАНЕ УПРАВЛІННЯ САМОСТІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ УЧНІВ ТА СТУДЕНТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ТЕМИ «ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ»

Г.П. Половина, В.М. Здешиц, С.В. Демчук
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Перехід на дванадцятирічне навчання вимагає змін програми навчання та створення нових підручників. В нових підручниках 7-8 класів, якими зараз користуються учні, котрі навчатимуться 12 років, вміщено матеріал із новітніми досягненнями науки. Але це не сприяє виникненню та підтримці інтересу до вивчення фізики, бо автори створили такі підручники, які відлякують учнів. В цих підручниках вживаються терміни, які не розуміють діти («електромагнітні хвилі», «тригонометричні

функції», $n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ і таке інше [1]). В новій шкільній про-

грамі недостатньо виділено часу на підкріплення теорії практикою (розв'язування задач, лабораторні роботи).

Ми хочемо показати один із прийомів, здійснюючи який, завдяки зв'язку учень – студент – вчитель школи – викладач вузу, можливо викликати мотиваційний компонент самостійної діяльності та інтерес до фізики, щоб здійснювати мотивоване управління самостійною діяльністю учнів та студентів.

Як показано в роботі [2], *мотивоване управління самостійною діяльністю* полягає в організації навчально-виховного процесу так, щоб учні чи студенти відчували потребу в саморозвитку і навчання для них стало важливою справою. При такій організації навчального процесу в них змінюються психічні функції сприймання, пам'яті та мислення. Вчитель веде учня шляхом суб'єктивного відкриття, а для цього пропонує такі завдання і дії, щоб учні відчули себе творцями.

Однією із складних тем, які в більшості засвоюються учнями формально, є «Властивості рідин. Поверхнева енергія. Поверхневий натяг. Змочування. Капілярні явища» в 10 класі одинадцятирічної школи, на вивчення якої відводиться 2-3 години. Хоч коефіцієнт поверхневого натягу вводиться через динамічні та енергетичні поняття, більшість задач розв'язуються через поняття сили, яку треба прикласти до одиниці граніці рідини. Ось питання, які задавались учнями їхнім вчителям:

- Коефіцієнт поверхневого натягу чистої води $\sigma = 0,073$ Н/м, а мильного розчину $\sigma = 0,022$ Н/м. Чому ж мильні бульбашки довго не руйнуються (їх можна навіть заморозити), а бульбашки з води миттєво

зникають?

- Як застосувати твердження «сила поверхневого натягу лежить в площині границі рідини, перпендикулярно до цієї границі» до поведінки рідини в капілярі?

- В курсі фізики середньої школи дається означення: сила – причина зміни швидкості або деформації тіла. І тому в учнів викликає подив результат експерименту, коли підвішена до динамометра П-подібна рамка занурюється в посудину з водою. Динамометр з рамкою піднімають, рамка зтягується плівкою води, динамометр показує деяке значення сили. Подальше підняття рамки і збільшення площі поверхні плівки не змінює показу динамометра. Тобто плівка не деформується. Тут відсутня сила пружності, тобто ні швидкість не змінюється, ні деформації немає. Але сила поверхневого натягу є.

Звертаємо увагу на те, що зміна площі поверхні рідини відбувається не за рахунок зміни відстані між молекулами води (сила пружності відсутня), а за рахунок переходу нових молекул з глибини рідини на поверхню, тим самим збільшуючи поверхню плівки. Отже, учень вперше зустрічається з тим, про що Фейнман [6] говорить, що поняття «сила» одне з найскладніших у фізиці.

Крім того, коли учень запитав у вчителя: «Чому скло так гарно ріжеться у воді, а при різанні у повітрі колеться гострими склянками?», вчитель не дав учневі готову відповідь, а вказав на літературні джерела, знайомство з якими допомогло б відповісти на поставлені питання..

Тому, коли ліцей почав готуватись до міського фізичного турніру винахідників, однією із вимог якого було написання творчої роботи, пов'язаної з однією з тем, над якими працював Д.І. Менделєєв (людство відзначало в 2009 році 175-річчя від дня його народження), то над темою «Поверхневий натяг» і почав працювати учень.

Студент педуніверситету під час навчання має отримати професійну підготовку й базові, ключові та спеціальні компетенції, що визначають необхідний рівень його підготовки. Важлива роль при цьому відводиться його самостійній діяльності, яка дає можливість виробити базові (діагностичні, комунікативні, організаційні, цільові, проектувальні) професійні вміння. Студент обрав тему самостійної роботи таку ж, як і учень. Це дало йому можливість виконати фізичні дослідження в більшому обсязі, ніж за програмою вузу. Але більш цінним є те, що він міг спостерігати за творчими пошуками учня, міг з ним спілкуватися, допомагати вирішувати складні проблеми [3].

Про таку співдружність учень – студент – вчитель – викладач вузу описано в [3], де показана спроба розширення рамок нормованої самостійної навчальної діяльності студентів, які працюють над проблемою

розвитку творчої діяльності учнів з метою формування у студентів важливих професійних компетенцій.

Експериментальні дослідження проводили ліцеїсти та студент на базі ліцею та лабораторій педуніверситету, а вчитель та викладачі вузу здійснювали мотивоване управління їхньою самостійною діяльністю [3].

Дослід №1. Різання скла ножицями. В результаті різання у повітрі, скло розколювалось на гострі шматки, тому різати скло в подібних дослідах слід, одягнувши рукавиці та окуляри. При різанні у воді скло ріжеться маленькими шматочками. Шматочки і скло після різання не мають гострих кутів. Зокрема, у воді легко вирізати зі скла дуже гарні кружечки.

Гіпотеза, яку висунули і учень, і студент:

Причина полегшення різання скла у воді полягає у взаємодії скла з водою. Скло у воді не розчиняється, але поверхня скла з точки зору молекулярної будови речовини не є гладенькою. Молекули води, потрапляючи між молекулами скла, зменшують силу електростатичної взаємодії молекул скла в ϵ разів (діелектрична проникність води $\epsilon=81$) і полегшують відділення їх одна від одної.

До цього твердження студент додав, що вода є однією з поверхнево-активних речовин, присутність якої полегшує обробку міцних матеріалів (різання, штампування, буріння гірських порід, стирання алмазу на порошок) [4].

Крім того, студент спробував дати рекомендації щодо обробки твердих тіл, використовуючи воду: при $t = 0^\circ\text{C}$ $\epsilon = 88$, а при $t = 20^\circ\text{C}$ $\epsilon = 81$, для обробки ж заліза використовувати гліцерин $\epsilon = 43$ (щоб залізо не окислювалось). Всі останні рідкі діелектрики мали ϵ набагато менші, ніж у води, яка має найбільшу діелектричну проникність.

Зокрема, він виходив із того, що скло колись було рідиною і молекули поверхні рідини притягувались до молекул нижніх шарів з більшою силою, ніж внутрішні молекули між собою. Така ж ситуація залишалась при переході скла в твердий стан.

Учень спробував знайти зв'язок між коефіцієнтом поверхневого натягу та розмірами молекул рідини, з якої видували бульбашки, але відповідь на це питання зміг дати студент, зробивши деякі дослідження.

Мильний розчин, з якого видували бульбашки, а потім їх досліджували – це смектичний рідкий кристал, продовгуваті молекули якого розташовані шарами. Ці шари досить рухливі, а великі вісі молекул перпендикулярні до цих шарів.

Щоб ближче познайомитись із властивостями рідкого кристалу, студент зробив дослідження з рідкокристалічною твіст-коміркою, досліджуючи, як впливає електричне поле та освітленість на деякі властивос-

ті рідкого кристалу, використавши завдання експериментального туру третьої соросівської олімпіади для 11 класу [5]. Все це дало можливість переконатись в тому, що не існує зв'язку між міцністю мильної плівки та її коефіцієнтом поверхневого натягу.

В лабораторії педуніверситету було проведено експериментальне дослідження залежності додаткового тиску в бульбашці від речовини та діаметра бульбашки. Тиск вимірювали за допомогою цифрового мікробарометра МБЦ з ціною поділки 0,02 мм ртутного стовпчика. Точність вимірювання барометра перевірялась шляхом вимірювання атмосферного тиску в точках, відстань між якими по вертикалі рівна 1 м. Датчик барометра був з'єднаний з трубочкою, що закінчувалась голкою від медичного шприца.

Барометр через п'єзоелектрик був увімкнений в одне з плечей містка постійного струму, а в діагональ містка вмикався гальванометр.

Вимірювання додаткового тиску в бульбашці з розчину цукру у воді (63%) радіусом 2 мм дало $\Delta p = 1,2$ мм ртутного стовпчика. Бульбашку одержували за допомогою медичного шприца без голки. Стійка бульбашка отримувалась при вертикальному розташуванні шприца отвором вниз. Тиск в бульбашці вимірювався шляхом уведення в неї медичної голки, приєднаної за допомогою трубочки до барометра.

Цікаві дослідження були проведені в лабораторії педуніверситету з капіляром, розташованим горизонтально. Діаметр капіляра $d = 3 \cdot 10^{-4}$ м. Спостерігалось випаровування спирту (98%) з капілярної трубочки. Нижче в таблиці I наведені час та координати центру меніска при випаровуванні спирту з трубочки, коли випаровування відбувається з одного боку, а інший закритий.

Швидкість випаровування спирту в капілярі 300 мкм: 11,5 мкм / с.

$t, \text{с}$	0	5,2	10,7	16,4	22,4	28,6	35	41,7	48,2	55
$S, \text{мкм}$	0	70	140	210	280	350	420	490	560	630

Вимірюючи швидкість переміщення границі рідини, можна виміряти коефіцієнт дифузії за наступною робочою формулою:

$$D \approx \frac{v_{\text{сп}} RTh}{\mu \rho_{\text{нас}}},$$

де h – відстань від краю капіляра, пройдена границею меніска до моменту вимірювання швидкості руху границі $v_{\text{гр}}$.

Наведену формулу легко одержати. Масу рідини, що випарувалась за малий проміжок часу τ , можна подати через швидкість переміщення границі рідини простим співвідношенням $M = \rho_p S v_{\text{сп}} \tau$, де $v_{\text{сп}} = \frac{\Delta h}{\tau}$ – швидкість переміщення границі рідини при випаровуванні. З іншого

боку, масу випаруваної рідини можна оцінити за законом Фіка:

$$M = -D \frac{\Delta \rho_{II}}{\Delta x} S \cdot \tau, \text{ де } \rho_{II} - \text{густина парів цієї рідини.}$$

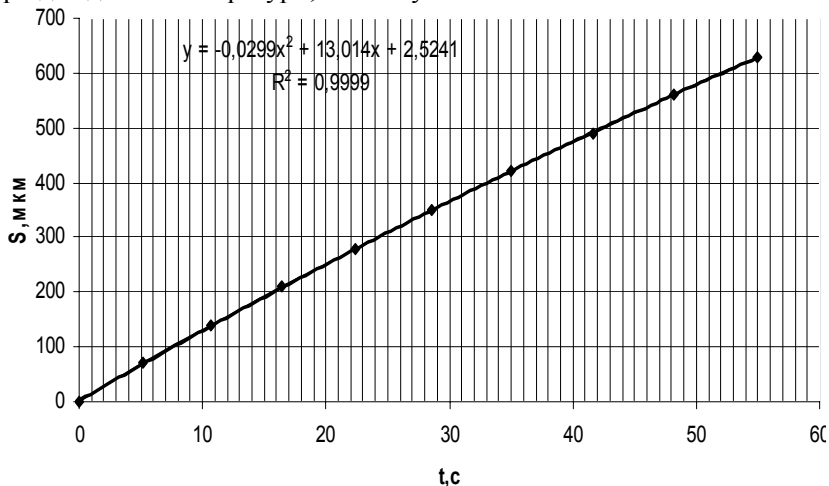
Прирівнюючи ці два вирази для мас, отримаємо рівняння, що описує елементарне зміщення межі рідини за рахунок дифузного випаровування частинок рідини:

$$\rho_p v_{сп} \Delta x = D \cdot \Delta \rho_{II}.$$

Додавши всі значення за певний проміжок часу спостереження, отримаємо:

$$\rho_p v_{сп} h \approx D \rho_{нас}.$$

Це і є робоча формула, яка приведена вище. В ній густина пари виражена через тиск, оскільки іноді в довідниках дається тиск насиченої пари для даної температури, а не її густина.



Функціональна залежність: $S = -0,03t^2 + 13t + 2,5$ мкм

Висновок, який зробив учень з цих експериментів – зменшення швидкості випаровування пояснюється тим, що над меніском рідини із збільшенням довжини трубочки, в якій немає рідини, збільшується парціальний тиск пари спирту, що зменшує інтенсивність випаровування.

Зокрема, студент відмітив, що тиск пари над меніском менший, ніж далі від нього. До того ж він не залишив поза увагою явище, яке він спостерігав у рідині біля її поверхні. Якась дрібна скалочка у зваженому стані билась об поверхню рідини. Удари були спрямовані в центральну частину меніска. Студент робить висновок, що рух частинки – броунівський рух, який спостерігається в результаті випаровування молекул

спирту і виникаючого імпульсу сили на поверхню рідини.

При обговоренні результатів експерименту торкнулись і питання про те, що таке сила. Знайомство з лекцією Фейнмана показало, що другий закон Ньютона не точний і поняття сили, яким ми користуємося є ідеалізацією, такою ж як «матеріальна точка», «ідеальний газ» тощо [6].

Ми розглянули деякі питання, над якими працювали разом учень і студент під керівництвом вчителя і викладача вузу. Як бачимо, вибір теми самостійної діяльності обох досліджувачів був мотивованим. Вони відчули потребу у нових знаннях, і щоб їх мати вони актуалізували знання вже набуті за шкільною програмою і до них додали нові незвичайні експерименти та ситуації, що їх зацікавили.

Групова робота учень – студент педагогічного закладу – вчитель ліцею – викладач вузу дає всім неоціненні надбання. Учень одержує нові, більш глибокі теоретичні знання, набуває вмінь та навичок в практиці, має змогу вчитись працювати з обладнанням, яке відсутнє в школі. Також він вчиться висувати гіпотезу, доводити свою правоту і теоретично, і практично, і експериментально; вчиться вести бесіду, прислухатися до думки іншого та захищати результати своєї роботи на конкурсах МАН. Свої результати учень оформив у вигляді творчої роботи, до складу якої крім перерахованих вище ввійшли його дослідження із визначення σ різними методами та розв'язано ряд олімпіадних задач на вказану тему.

Студент, спілкуючись з учнем та вчителем, отримуючи підтримку від викладача вузу, не тільки вчиться бути вчителем фізики, керувати дослідницькою роботою учня, він на практиці переконується, що наші знання про природу відносні, що наближати їх до істини можна нескінченно. Ця співпраця йому покаже, що і тоді, коли він стане вчителем, йому треба буде вчитись все життя, щоб самовдосконалюватись та самостверджуватись. В результаті цієї співпраці студент зустрів чимало питань, на які він намагатиметься в майбутньому отримати відповіді.

Участь вчителя у вказаній ґрунтовній співпраці теж не була для нього даремною. Пройшовши разом із учнем всі етапи творчої роботи, вчитель переконується, що теми творчих робіт учнів народжуються при наявності інтересу до предмету, при виникненні в учня потреби в нових знаннях. Результати дослідження учня вчитель може використати як на уроці повідомлення нових знань так і при їх корекції, а також при захисті творчих робіт в день свята знань. Це викличе у інших учнів інтерес та бажання самовдосконалюватись. Та й взагалі, безпосередня співдружність з педвузом дасть можливість користуватись його лабораторіями та здійснювати співпрацю зі спеціалістами.

Викладач вузу від цієї ґрунтовної роботи буде мати величезний зиск. Зараз, коли школа переходить на дванадцятирічне навчання, коли

змінюється програма, коли створюються нові підручники, коли за останні роки фізика як наука зробила величезні відкриття, що базуються на новітніх технологіях вуз повинен знаходити нові форми та методи співпраці зі школою, оскільки рівень знань та інтерес до фізики падає. Тому тісний активний зв'язок зі школою дасть можливість вузу розробляти рекомендації щодо підняття інтересу до фізики та включення мотиваційного компоненту самостійної діяльності учнів та перевірити на практиці, що дають ці рекомендації школі.

Література

1. Генденштейн Л. Э. Физика – 7 : учебник для средних общеобразовательных школ / Генденштейн Л. Э. – Харьков : Гимназия, 2007.
2. Сергеев О. В. Мотивоване управління самостійною діяльністю студентів / О. Сергеев // Наукові записки. – Кіровоград, 2002. – С. 198-202.
3. Половина Г. П. Дослідження хвильових явищ, або Історія однієї демонстрації / Г. П. Половина, О. О. Лаврентьева // Фізика та астрономія в школі. – 2009. – №3. – С. 30-33.
4. Гегузин Я. Е. Живой кристалл / Я. Е. Гегузин. – М. : Наука, 1981. – 192 с.
5. Третья Соросівська олімпіада з фізики. Міжнародна Соросівська Програма підтримки освіти в галузі точних наук. – К., 1997. – 44 с.
6. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – Т. 1. – М. : Мир, 1965. – 260 с.

ОСОБИСТІСНІ ЗНАННЯ СТУДЕНТІВ-ФІЗИКІВ ЯК ПЕРЕДУМОВА ЇХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОНУВАТИ НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

О.Т. Проказа^α, О.В. Грицьких^β
м. Луганськ, Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка
^α prokaza_r@mail.ru
^β aleksiig@gmail.com

Особистісно орієнтоване навчання покликане формувати особистісні знання студентів у процесі їх фахової підготовки. Наукові знання для студентів є зовнішніми, а тому відчуженими. Вони стають внутрішніми (моїми!) тільки за певних педагогічних умов. Особистісні знання це не тільки і не стільки результат почутого, прочитаного та побаченого, скільки результат самостійно осмисленого, переструктурованого та застосованого у процесі дослідження варіативних фізичних ситуацій. Особистісні знання це є знання усвідомлені, «сконструйовані» у одиничній (моїй!) свідомості у вигляді певної системи. Тільки такі знання є дієвими. Їх цінність полягає, насамперед, у практичній спрямованості на професійну діяльність, але не тільки. Системні особистісні знання змінюють саму особистість, її розумові здібності, які позитивно проявляються у різноманітних ситуаціях. Актуальність цієї проблеми обґрунтована нами у попередніх наукових публікаціях [1, 92–96], [2, 46–48], [3, 277–279] та ін.

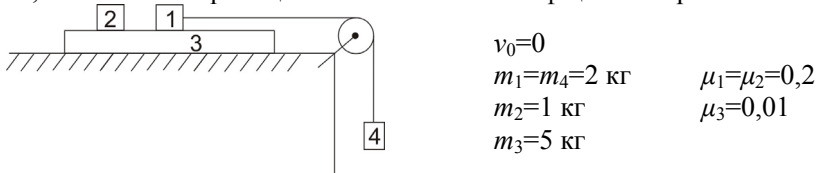
Ми розвиваємо та конкретизуємо педагогічну ідею «самості» особистості під кутом зору технології формування особистісних знань. На підґрунті цих знань у студентів виникають бажання і можливості виконувати науково-методичні дослідження, зокрема, виконувати порівняльний дидактико-методичний аналіз навчальних текстів підручників і других навчальних посібників.

Діагностування знань студентів свідчить про те, що вони правильно визначають фізичні поняття, формулюють фізичні закони і навіть застосовують їх у простих фізичних ситуаціях. Але чи є такі знання у повній мірі дієвими, чи можна їх характеризувати такою якістю, як системність та технологічність? Наші дослідження переконливо показали, що це далеко не так! Безсумнівним є твердження про те, що вчитель може навчити тільки тому, що сам знає і вміє, чим він володіє досконало.

Все це і обумовило необхідність включити в дидактико-методичну систему підготовки фахівців фізичні задачі на дослідження та доведення, виконання яких і має сприяти формуванню особистісних знань.

Наведемо лише один, але на наш погляд, досить переконливий приклад.

Маємо механічну систему тіл, яка задана схематично. Інертні властивості тіл задані їх масами. Відомі і фізичні властивості поверхонь тертя, кількісною мірою цих властивостей є коефіцієнти тертя. Отже маємо:



У відповідності до мас тіл та коефіцієнтів тертя можуть мати місце різні варіанти рухів (або спокою) тіл. При заданих конкретних значеннях мас та коефіцієнтів тертя реалізується один варіант, але який саме невідомо. Щоб відповісти на запитання, як рухаються тіла, необхідно не просто розв'язати задачу, а спочатку виконати дослідження. Тільки після цього можна визначити однозначно прискорення кожного з тіл, та які сили тертя виникають і діють на кожне із тіл.

Отже, будемо вважати, що між тілами системи має місце тертя ковзання. Тоді сили тертя можна визначити згідно з законом Амонтона-Кулона, тобто $F_{\text{тер}} = \mu N$

$$\begin{aligned} F_{\text{тер}1} &= \mu_1 N_1 \\ N_1 &= F_{\text{тяж}1} = m_1 g \end{aligned} \quad \left| \Rightarrow F_{\text{тер}1} = \mu_1 m_1 g = 0,2 \cdot 2 \cdot 10 = 4 \text{ Н} \right.$$

$$\begin{aligned} F_{\text{тер}2} &= \mu_2 N_2 \\ N_2 &= F_{\text{тяж}2} = m_2 g \end{aligned} \quad \left| \Rightarrow F_{\text{тер}2} = \mu_2 m_2 g = 0,2 \cdot 1 \cdot 10 = 2 \text{ Н} \right.$$

$$\begin{aligned} F_{\text{тер}3} &= \mu_3 N_3 \\ N_3 &= F_{\text{тяж}3} + P_1 + P_2 \\ F_{\text{тяж}3} &= m_3 g \\ P_1 &= N_1 = m_1 g \\ P_2 &= N_2 = m_2 g \end{aligned} \quad \left| \Rightarrow \begin{aligned} F_{\text{тер}3} &= \mu_3 (m_1 + m_2 + m_3) g \\ F_{\text{тер}3} &= 0,01(2 + 1 + 5)10 = 0,8 \text{ Н} \end{aligned} \right.$$

Тепер можна визначити прискорення тіл за умови дії сил тертя ковзання. Якщо при цьому не виникнуть суперечності (наприклад, $a_3 > a_1$, або $a_2 > a_3$, чого згідно з цією фізичною ситуацією бути не може), тоді визначені прискорення та сили тертя ковзання і є шуканими. Якщо ж одержимо $a_3 > a_1$, або $a_2 > a_3$, тоді наші припущення щодо наявності тертя ковзання не можуть бути виправданими, і дослідження необхідно продовжити на підґрунті інших припущень, наприклад, $a_1 = a_3$ або (та) $a_2 = a_3$, тобто система рухається як одне ціле і між першим та третім тілами, або другим та третім тілами має місце тертя спокою, а сили тертя спокою $F_{\text{тер}}^{\text{сп}} < F_{\text{тер}}$, і їх неможливо визначити згідно з законом Амонтона-

Кулона, так як цей закон експериментально встановлений для ковзання (межі застосування закону!).

Визначаємо прискорення тіл. Перше і четверте тіло рухаються поступально з однаковими прискореннями, так як нитку вважаємо недеформованою. Тоді модель у відношенні визначення прискорення доцільно вважати такою: матеріальна точка з масою (m_1+m_4) рухається під дією рухомої сили $F_{тяж4}=m_4g=2 \cdot 10=20$ Н та сили опору $F_{тер1}=\mu_1 m_1 g=4$ Н.

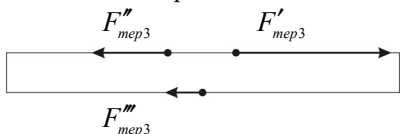
$$a_{1,4} = \frac{m_4 g - \mu_1 m_1 g}{m_1 + m_4} = \frac{20 - 4}{2 + 2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Прискорення другого тіла: матеріальна точка масою $m_2=1$ кг рухається під дією сили тертя, яка і надає цьому тілу прискорення, а саме:

$$a_2 = \frac{F_{тер2}}{m_2} = \frac{2}{1} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Третє тіло буде рухатись під дією трьох сил тертя, а саме: $F'_{тер3} = F_{тер1} = 4$ Н; $F''_{тер3} = F_{тер2} = 2$ Н; $F'''_{тер3} = \mu_3 N_3 = 0,8$ Н.

Згідно з третім законом Ньютона ці сили мають такі напрямки:

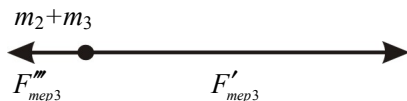


Рівнодійна сил тертя щодо третього тіла:

$$F_{тер3} = F'_{тер3} - F''_{тер3} - F'''_{тер3} = 1,2 \text{ Н}$$

$$a_3 = \frac{F_{тер3}}{m_3} = \frac{1,2}{5} = 0,24 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Маємо: $a_1 > a_3$, що може бути; $a_2 > a_3$, чого реально бути не може! Отже маємо навчально-пізнавальне протиріччя, яке виникло за умови нашого припущення, що $a_3 > a_2$, і має місце тертя ковзання. Робимо висновок, що між другим та третім тілами тертя ковзання немає, а має місце тертя спокою. Тоді $a_2 = a_3$, і модель для визначення цих прискорень доцільно вважати такою: матеріальна точка масою (m_2+m_3) рухається під дією сил $F'_{тер3}$ та $F'''_{тер3}$. Сили тертя спокою невідомі, але ж в сумі вони дають нуль, а тому в рівняння другого закону Ньютона не входять (немає їх і в модельній ситуації):



$$a_{2,3} = \frac{F'_{тер3} - F'''_{тер3}}{m_2 + m_3} = \frac{4 - 0,8}{1 + 5} = \frac{8}{15} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, \quad a_3 < a_1, \text{ що не суперечить реальній ситуації.}$$

Тепер можна визначити і сили тертя спокою між другим та третім тілами.



$$F_{тер2}^{cn} = m_2 a_2 = \frac{8}{15} \text{ Н. } (F_{тер3}^{\prime\prime})^{cn} = \frac{8}{15} \text{ Н.}$$

Перевіримо рух самого третього тіла:

$$F_{тер3}^{\prime} - (F_{тер3}^{\prime\prime})^{cn} - F_{тер3}^{\prime\prime\prime} = m_3 a_3, \quad 4 - \frac{8}{15} - 0,8 = 5 \cdot \frac{8}{15}, \rightarrow \frac{8}{3} \equiv \frac{8}{3}!$$

Результати дослідження представимо у вигляді таблиці.

Гіпотеза: Має місце тертя ковзання між тілами. Тоді:

$a_1, \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$	$a_2, \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$	$a_3, \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$	$a_4, \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$	$\bar{F}_{тер1}, \text{ Н}$	$\bar{F}_{тер2}, \text{ Н}$	$\bar{F}_{тер3}^{\prime}, \text{ Н}$	$\bar{F}_{тер3}^{\prime\prime}, \text{ Н}$	$\bar{F}_{тер3}^{\prime\prime\prime}, \text{ Н}$
4	2	0,24	4	$\bar{4}$	$\bar{2}$	$\bar{4}$	$\bar{2}$	$\bar{0,8}$

→ $a_2 > a_3$, що суперечить реальній ситуації.

Висновок: Між другим і третім тілами немає ковзання.

Результат другого дослідження на підґрунті іншої моделі щодо 2-го і 3-го тіл.

$a_1, \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$	$a_2, \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$	$a_3, \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$	$a_4, \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$	$\bar{F}_{тер1}, \text{ Н}$	$\bar{F}_{тер2}, \text{ Н}$	$\bar{F}_{тер3}^{\prime}, \text{ Н}$	$\bar{F}_{тер3}^{\prime\prime}, \text{ Н}$	$\bar{F}_{тер3}^{\prime\prime\prime}, \text{ Н}$
4	$\frac{8}{15}$	$\frac{8}{15}$	4	$\bar{4}$	$\left(\frac{8}{15}\right)^{cn}$	$\bar{4}$	$\left(\frac{8}{15}\right)^{cn}$	$\bar{0,8}$

Загальні висновки:

1. Особистісні знання студентів формуються у процесі особистісно орієнтованого навчання тільки за певних педагогічних умов.

2. Ці умови, перш за все, передбачають наявність у системі фахової підготовки адекватних високому рівню компетентності завдань необхідної складності.

3. Сформовані особистісні знання з глибоким розумінням сутності фізичних понять та законів мають бути застосованими у процесі науково-методичних досліджень, зміст яких ми представили у навчально-методичному посібнику «Науково-методичні дослідження студентів з дидактики та методики фізики (теоретичні основи, практичні завдання, методичні рекомендації та приклади змісту наукових статей)» [4].

4. Зауважимо, що у студентів виникають позитивні емоції, коли вони виявляють та обґрунтовують певні недоречності, поверхневі судження, бездоказові твердження у навчальних текстах. Критично-

аналітичний підхід до навчальних текстів є одним із показників сформованості здібностей до науково-методичних досліджень.

5. Прикладом сформованості здібностей студентів продуктивно виконувати науково-методичні дослідження можуть бути опубліковані наукові статті [5, 7–16], [5, 17–26] та інші.

Література

1. Проказа О. Т. Навчально-пізнавальні суперечності як передумова пошукової квазісамостійної діяльності студентів на заняттях з фізики / О. Т. Проказа, О. В. Грицьких // Теорія і методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. Випуск VII : В 3-х томах. – Кривий Ріг : Вид. відділ НМетАУ, 2008. – Т. 2 : Теорія і методика навчання фізики. – 367 с.

2. Проказа А. Т. Педагогическая проблема «самости» личности в свете прогрессивного преобразования образования / А. Т. Проказа, А. В. Грицьких // Зб. наук. пр. Кам'янець-Подільського нац. ун-ту : серія педагогічна / [редкол.: П. С. Атаманчук та ін.]. – Кам'янець-Подільський : КПНУ ім. Івана Огієнка, 2009. – Вип. 15 : Управління якістю підготовки майбутніх учителів фізики та трудового навчання. – 352 с.

3. Проказа О. Т. Науково-педагогічні дослідження студентів з дидактики та методики фізики – один із ефективних засобів управління якістю підготовки майбутнього вчителя / О. Т. Проказа, О. В. Грицьких // Зб. наук. пр. Кам'янець-Подільського нац. ун-ту : Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук та ін.]. – Кам'янець-Подільський : КПНУ ім. Івана Огієнка, 2009. – Вип. 15 : Управління якістю підготовки майбутніх учителів фізики та трудового навчання. – 352 с.

4. Грицьких О. В. Науково-педагогічні дослідження студентів з дидактики та методики фізики (теоретичні основи, практичні завдання, методичні рекомендації та приклади змісту наукових статей. Спеціальність 6.070100 «Фізика») / О. В. Грицьких, О. Т. Проказа. – Луганськ : Вид-во ЛНУ імені Тараса Шевченка «Альма-матер», 2008. – 102 с.

5. Гладких О. О. Фізичні та науково-методичні дослідження явища тертя / Гладких О. О., Константинов П. П. // Науковий пошук молодих дослідників (фізико-математичні та технічні науки) : збірник наукових праць студентів. – Луганськ : Видавництво ЛНУ імені Тараса Шевченка». – 2009. – №4. – 185 с.

6. Коваленко О. В. Науково-методичний аналіз навчальних текстів та конкретизація визначень фізичних понять / Коваленко О. В. // Науковий пошук молодих дослідників (фізико-математичні та технічні науки) : збірник наукових праць студентів. – Луганськ : Видавництво ЛНУ імені Тараса Шевченка. – 2009. – №4. – 185 с.

СІМЕЙСТВА ГРАФІКІВ ЯК ЕФЕКТИВНА ПЕДАГОГІЧНА СЕМІОТИЧНА СИСТЕМА У ПРОЦЕСІ ПОБУДОВИ РОЗУМІННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ З ФІЗИКИ

О.Т. Проказа¹, І.В. Дузяк²

¹ м. Луганськ, Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка

² с. Нижня Вільхова, Нижньовільхівська загальноосвітня школа
alexprok@inbox.ru

Основна педагогічна ідея наших наукових досліджень та конкретних дидактико-методичних розробок на технологічному рівні полягає у ствердженні, що наукові знання не передаються, а виробляються суб'єктом власної навчально-пізнавальної діяльності. До того ж засвоєння знань відбувається у поєднанні з оволодінням способами дій з ними. Технологічність знань – це їх дієвість. Особисті знання (мої!) є результатом переосмислення елементів знань, які «циркулюють» у процесі особистісно орієнтованого навчання.

Теоретичні основи та актуальність зазначеної проблеми обґрунтовані нами у попередніх наукових публікаціях [1–5] та ін.

Творчий продуктивний розвиток педагогічної науки буде найбільш ефективним на основі оптимального поєднання нових інформаційних технологій та класичних педагогічних теорій, тобто мають діяти «закони збереження» у освітніх (НВР – навчання, виховання, розвиток) процесах.

Освітній процес, як процес навчально-пізнавальний, є дидактичним еквівалентом науково-пізнавального процесу, але цільові спрямованості науки і освіти, безумовно, відрізняються.

Наукове пізнання – це відкриття невідомого і на цьому підґрунті формування достовірних знань.

Навчання – це засвоєння наукових знань, які виділені «педагогічним сепаратором».

Навчальне пізнання – це дидактичний еквівалент наукового пізнання на основі цілеспрямовано організованої діяльності пошуку «квазінових» знань у певних (контрольованих) педагогічних умовах.

Дієвість знань, тобто їх технологічність, обумовлюється наявністю розуміння в структурі системи знань. Процес побудови розуміння (ППР) змісту навчального матеріалу (ЗМ) розпочинається із початкового ознайомлення з ним (початкове відчуття розуміння).

Необхідно розрізнити ППР з власне розумінням, яке є результатом тривалого процесу навчання.

Досягнення стану розуміння стає можливим тільки за допомогою певних логічних операцій (аналіз, синтез, аналіз через синтез, абстрагування, конкретизація та ін.) та певних логічних форм мислення (поняття, судження, умовивід). Проте буває і так, що для досягнення стану розуміння однієї діяльності мислення недостатньо. Необхідно «включити» в ППР ЗНМ всю образно-художню сферу особистості з її емоціями та почуттями.

Своєрідність розуміння конкретної особистості залежить від засвоєної раніше системи знань та уявлень, від пізнавальних інтересів та інших особливостей суб'єкта пізнання. Студент (учень) «конструює» свою особистість шляхом творчої співпраці з викладачем (вчителем) та іншими суб'єктами освітнього (НВР) процесу.

Оволодіння знанням на підґрунті розуміння, розвиток всіх сфер особистості і, перш за все, інтелектуальної сфери відбувається тільки за умови, коли студент (учень) того бажає, коли він знаходиться в стані «запитальності», пізнавального інтересу та пізнавальної активності.

Розуміння характеризується постійними і перманентними змінами самого суб'єкта пізнання, включенням (втягненням) його в оновлену або нову систему зв'язків і відношень. Саме ця нелінійність освітнього процесу і впливає на підвищення його складності.

Забезпечити необхідні якості знань, необхідні рівні розуміння ЗНМ, задіяти продуктивні процеси мислення, підключити творчу уяву студента (учня) в освітньому процесі стає можливим при наявності оптимально розроблених теоретичних моделей процесу навчання. В основі таких моделей мають бути «тонкі інформаційні педагогічні технології» (ТППТ).

П'ятикомпонентна класична дидактико-методична система органічно має поєднуватись із N-компонентною технологією навчання, що є передумовою і підґрунтям створення ТППТ. У системі освіти студентів навчально-пізнавальна діяльність має трансформуватись у професійно-пізнавальну діяльність (ППД), повторення ЗНМ – у ремінісценцію, використання професійного досвіду – у ступеневе сходження «на його вершину». Усе це стає можливим за умови творчого переходу від повчальної педагогіки (дидактики, методики, технології) до кібернетичної (у закритих педагогічних системах).

Педагогічні системи, з одного боку, є закритими, а тому їх можна моделювати на основі кібернетичного підходу. З іншого боку педагогічні системи є відкритими, а тому синергізм («діємо разом») у відносинах має передбачати двоєдину цілеспрямовану діяльність, тобто дії суб'єктів освітнього процесу мають синкретично об'єднуватись, а не еkleктично переплітатись. Це означає, що втручання викладача у процес професій-

ного самостановлення студента має носити каталітичний характер. Домінантною у цьому процесі має бути взаємодія на основі довіри до професійної компетенції викладача на підґрунті квазісамостійної діяльності студента.

Рационально-теоретична логіка педагогічного діалогу в поєднанні з гуманітарним потенціалом ЗНМ та принципом гуманізації у міжособистісних відносинах сприяють розвитку специфічних здібностей до безпервної самоосвіти на основі самоорганізації і саморегуляції.

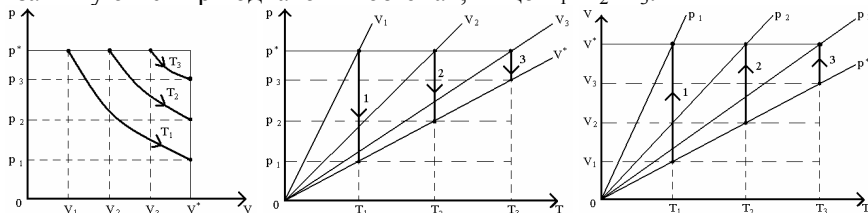
Отже, особистісне знання призводить до суттєвих змін у стилі мислення, у системі цінностей, у системі світорозуміння, у ставленні до життя і у стилі життя.

Характерні риси особистості, перш за все, якість її знань багато в чому зумовлюються змістом навчально-пізнавальних завдань та структурою квазісамостійної діяльності щодо їх виконання.

Розглянемо конкретний приклад. Зауважимо, що при вивченні термодинамічних процесів та газових законів, як правило, розглядаються одиничні графіки без визначення початкового та кінцевого станів газу. Специфіка наших завдань полягає у тім, що:

- 1) ми розглядаємо сімейства графіків у їх порівнянні;
- 2) вимагаємо враховувати початкові та кінцеві стани газів, так як реальні процеси завжди є обмеженими;
- 3) пропонуємо порівнювати та пояснювати, що являють собою константи у кожному конкретному випадку;
- 4) пропонуємо визначати спрямованість термодинамічних процесів.

Ізотермічні процеси. Побудувати графіки 3-х ізотермічних процесів у координатах $p-V$, $V-T$, $p-T$, які розпочинаються при однакових тисках і закінчуються при однакових об'ємах, якщо $T_1 < T_2 < T_3$.



$$pV = \text{const} \Rightarrow p = \frac{\text{const}}{V}$$

$$p = \frac{\gamma RT_1}{V} \quad (T_1 = \text{const}) \quad p = \frac{\gamma RT_2}{V} \quad (T_2 = \text{const}) \quad p = \frac{\gamma RT_3}{V} \quad (T_3 = \text{const})$$

$$T_3 > T_2 > T_1.$$

Густина газу $\rho = \frac{m}{V}$

Початкова густина

$$\begin{array}{l} 1) \rho_1 = \frac{m}{V_1} \\ 2) \rho_2 = \frac{m}{V_2} \\ 3) \rho_3 = \frac{m}{V_3} \end{array} \left| \begin{array}{l} V_3 > V_2 > V_1 \\ \rho_3 < \rho_2 < \rho_1 \end{array} \right.$$

Кінцева густина

$$\rho^* = \frac{m}{V^*}$$
$$\rho_1^* = \rho_2^* = \rho_3^*$$

Дидактично доцільно побудувати аналогічні сімейства графіків:

Ізохорні процеси. Побудувати графіки 3-х ізохорних процесів в координатах $p-V$, $V-T$, $p-T$, які розпочинаються при однакових тисках і закінчуються при однакових температурах, якщо $V_3 > V_2 > V_1$.

Ізобарні процеси. Побудувати графіки 3-х ізобарних процесів в координатах $p-V$, $V-T$, $p-T$, які розпочинаються при однакових температурах і закінчуються при однакових об'ємах, якщо $p_3 > p_2 > p_1$.

Узагальнені висновки:

1. ШПР ЗНМ «конструюється» шляхом співстановлення варіантів фізичних ситуацій, пошуків загального та особливого у кожному конкретному випадку.

2. Педагогічна семіотична система (ПСС) є досить ефективним засобом технологізації навчання за умови їх доцільної розробки та оптимального застосування.

3. Результативність навчально-пізнавальної діяльності студентів (учнів) багато в чому залежить від професіоналізму викладача (вчителя) та, безумовно, від якості ПСС.

Література

1. Проказа А. Т. Инновационные педагогические технологии в образовательном процессе / А. Т. Проказа, А. С. Меняйленко. // Інноваційні технології в наукових дослідженнях і навчальному процесі : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. – Луганськ, 2007. – С. 175-182.

2. Проказа О. Т. Дидактико-методичні системи та семіотичні засоби матеріалізації змісту навчального матеріалу [Електронний ресурс] / Проказа О. Т., Меняйленко О. С. // Науковий портал Донбасу. – 2007. –

№3. – Режим доступу : http://alma-mater.luguniv.edu.ua/magazines/elect_v/NN3/07potznm.pdf

3. Проказа О. Т. Процес побудови змісту навчального матеріалу за допомогою семіотичних засобів [Електронний ресурс] / Проказа О. Т., Меньяйленко О. С. // Науковий портал Донбасу. – 2008. – №1. – Режим доступу : http://alma-mater.luguniv.edu.ua/magazines/elect_v/NN5/08potdsz.pdf

4. Проказа О. Т. Педагогічні семіотичні системи (ПСС) як засоби технологізації навчання (на прикладі фізики) / Проказа О. Т., Меньяйленко О. С. // Освіта Донбасу. – 2009. – №2 (133). – С. 20-23.

5. Проказа А. Т. Педагогические семиотические системы (ПСС) в образовательном процессе (на примере изучения физики). / А. Т. Проказа, И. В. Дузяк // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна / [редкол. П.С. Атаманчук (голова наук. ред.) та ін.] – Кам'янець-Подільський : КПНУ імені Івана Огієнка, 2009. – Вип. 15 : Управління якості підготовки майбутніх учителів фізики та трудового навчання. – С. 316-318.

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ПОНЯТЬ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У РІЗНИХ ФІЗИЧНИХ СИТУАЦІЯХ

О.Т. Проказа, О.В. Коваленко
м. Луганськ, Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка
alexprok@inbox.ru

Актуальність зазначеної проблеми та порівняльний аналіз визначення поняття ваги тіла у 15 літературних першоджерелах викладені нами у попередніх публікаціях [1, 17–26], [2, 113–118]. Зокрема сформульоване несуперечливе визначення поняття ваги тіла [1, 24] та конкретизоване це визначення на конкретних прикладах [1], [2].

Метою цієї статті є наміри продемонструвати, як «працює» поняття ваги тіла у різних випадках прискореного руху. Зазначимо, що, як правило, досліджується прискорений рух тіла у вертикальному напрямку. Звертається увага на те, що у випадку руху тіла вниз з прискоренням $\vec{a} = \vec{g}$, тіло знаходиться у стані невагомості.

Узагальнимо: тіло знаходиться у стані невагомості незалежно від напрямків руху, якщо виконується обов'язкова умова невагомості, а саме: $\vec{a} = \vec{g}$! Це означає, що рух тіла може бути довільним тільки під дією сили тяжіння (рис. 1).

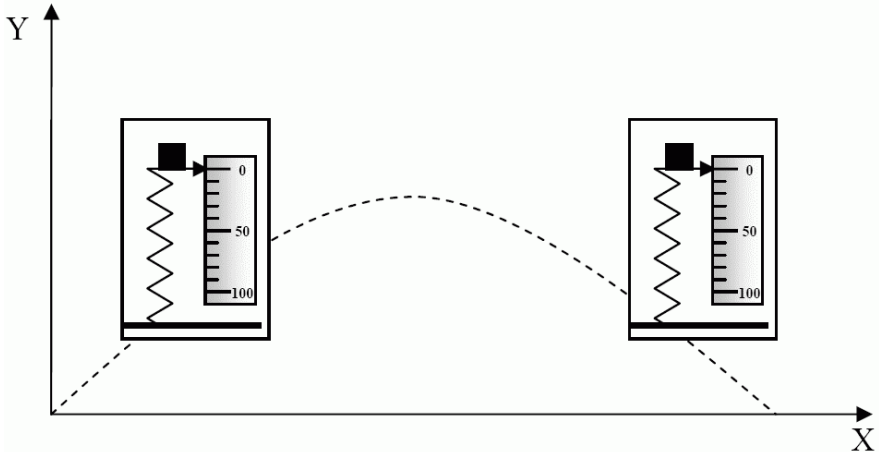


Рис. 1

У кожен момент часу $\vec{a} = \vec{g}$, а тому $\vec{P} = 0$ (Тіло доторкається до

пружины, але не деформує її – невагомість!).

Тепер розглянемо інші випадки прискореного руху тіла під кутом зору ваги тіла.

Вага тіла, яке знаходиться на горизонтальній платформі, що обертається навколо вертикальної осі:

1) Якщо $0 < \omega < \omega_{zp}$, тіло відносно платформи не рухається (рис. 2):

$$F_{TEP}^{CI} = m\omega^2 r$$

$$F_T = mg$$

$$F_1 = F_{TEP}^{CI} = m\omega^2 r$$

$$P_1 = N = F_T = mg$$

$$P = \sqrt{F_1^2 + P_1^2}$$

$$P = \sqrt{m^2 \omega^4 r^2 + m^2 g^2} = m\sqrt{\omega^4 r^2 + g^2}$$

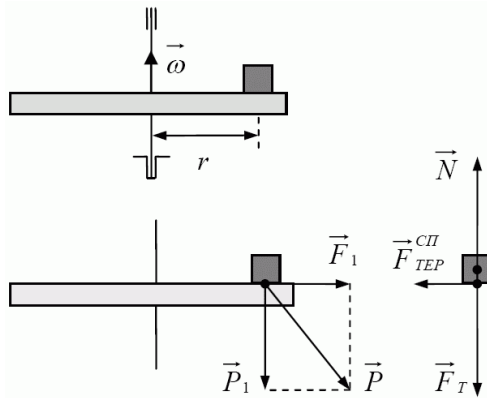


Рис. 2

2) При $\omega=0$: $P=mg$

3) При $\omega > \omega_{zp}$ має місце тертя ковзання, так як сила тертя $F_{TEP} = \mu mg$ не може надати тілу доцентрове прискорення $a_{oc} = \omega^2 r$, тобто $\mu mg < m\omega^2 r$.

Тоді $P = \sqrt{(mg)^2 + (\mu mg)^2} = mg\sqrt{1 + \mu^2}$.

Таким чином, якщо кутова швидкість платформи збільшується від нуля до граничного значення кутової швидкості, вага тіла зростає від

$P=mg$ до $P = mg\sqrt{\omega_{zp}^4 r^2 + g^2}$. Якщо $\omega > \omega_{zp} = \sqrt{\frac{\mu \cdot g}{r}}$ (тіло рухається відносно платформи), вага тіла $P = mg\sqrt{1 + \mu^2}$ і залишається незмінною

(рис. 3).

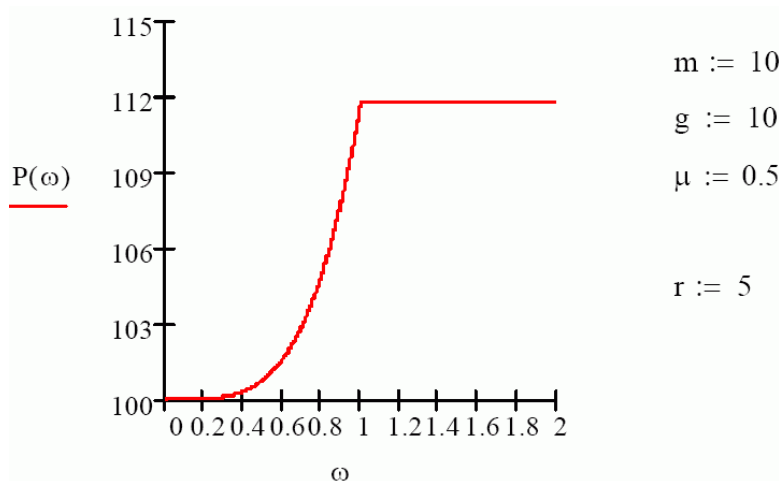


Рис. 3

Якщо на платформі закріпити крісло зі спинкою і посадити на крісло людину (рис. 4), то вага її буде збільшуватись в залежності від кутової швидкості, тобто: $P = mg\sqrt{\omega^4 r^2 + g^2}$ ($P > mg$ – перевантаження!).

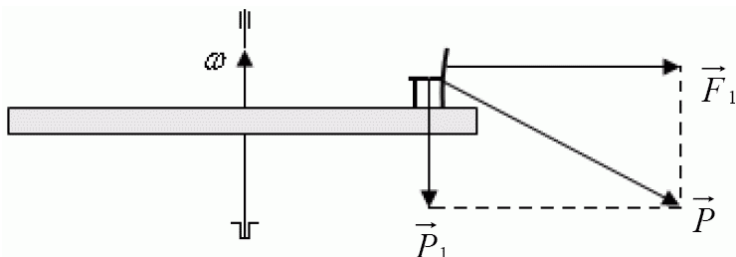


Рис. 4

Це і є тренувальний стенд для космонавтів, який називається центрифугою. Тільки тепер космонавт утримується на відстані r від осі доцентровою силою пружності з боку спинки крісла, а сила, з якою космонавт тисне на цю спинку є складовою силою його ваги.

Зауважимо, що у цьому випадку сила пружності F_1 може у декілька разів перевищувати силу пружності P_1 , яка дорівнює силі тяжіння космонавта, тобто $P_1 = N = mg$. Тоді вага космонавта $P > P_1$, і коефіцієнт перевантаження повністю залежить від кутової швидкості, яка і збільшується від початкових до кінцевих тренувань.

Вага тіла при коливальному русі

Результати дослідження фізичних ситуацій, коли тіло здійснює ко-

дильні рухи представимо у вигляді запропонованих нами педагогічних семіотичних систем (рис. 5).

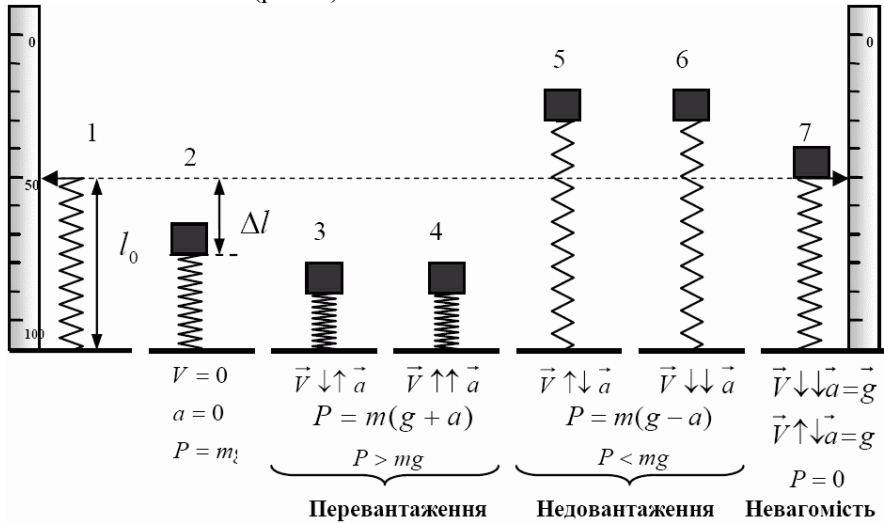


Рис. 5

- 1) l_0 – довжина недеформованої пружини;
- 2) Δl – статична деформація; тіло знаходиться у стані спокою:
 $F_T = N$; $N = P$; $P = mg$.
- 3) Сповільнений рух тіла вниз: $P > mg$ – перевантаження.
- 4) Прискорений рух тіла вверх: $P > mg$ – перевантаження.
- 5) Сповільнений рух тіла вверх: $P < mg$ – недовантаження.
- 6) Прискорений рух тіла вниз: $P < mg$ – недовантаження.
- 7) $\Delta l = 0$; $l = l_0$; \vec{V}_{\max} вниз \downarrow або вверх \uparrow . У кожному із цих випадків $\vec{a} = \vec{g} \Rightarrow$ Миттєва невагомість, тобто у цей момент часу $P = 0!$

Узагальнення – на рис. 6.

Тепер виконаємо дослідження коливального руху тіла на підвісі. Як змінюється вага цього тіла, якщо моделлю даної фізичної ситуації є математичний маятник? Тоді $l = \text{const}$ (рис. 7).

Отже, при $\alpha = \alpha_{\max}$: $P = mg \cos \alpha$, тобто вага тіла менша, ніж сила тяжіння (поворотні точки). Під час руху тіла із будь-якої поворотної точки до вертикального положення вага тіла зростає від $P = mg \cos \alpha_{\max}$ ($P < mg$)

до $P = m \left(g + \frac{V^2}{l} \right)$ ($P > mg$). Це означає, що у деякий момент часу при

$\alpha = \alpha^*$ (рис. 8) вага тіла $P = mg$. Знайдемо α^* :

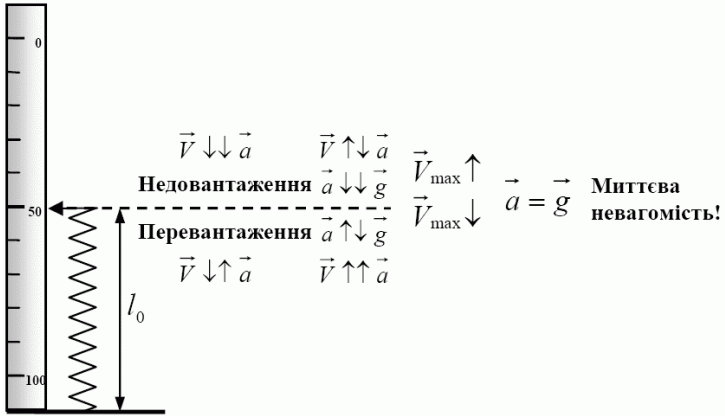


Рис. 6

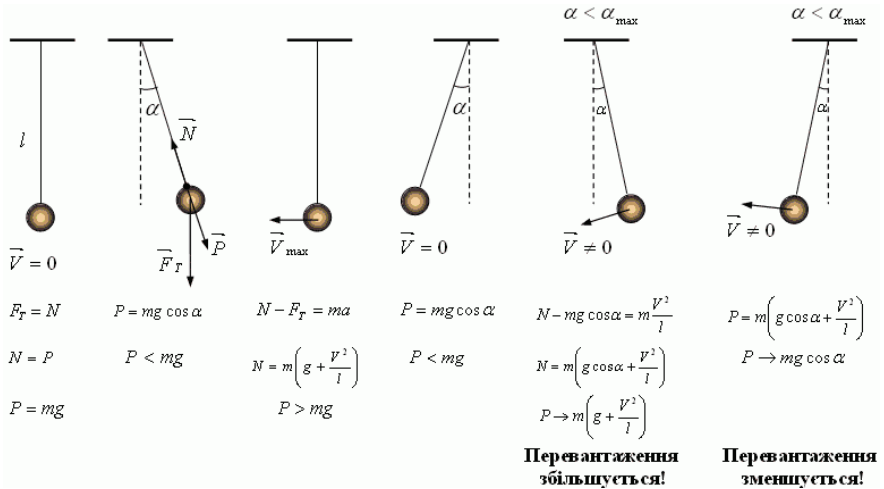


Рис. 7

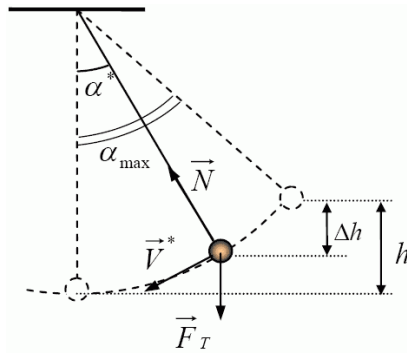


Рис. 8

$$N - mg \cos \alpha^* = m \frac{(V^*)^2}{l}$$

$$mg \Delta h = \frac{m(V^*)^2}{2} \Rightarrow (V^*)^2 = 2g \Delta h$$

$$\Delta h = l(1 - \cos \alpha^*) - l(1 - \cos \alpha_{\max})$$

$$|\Delta h| = l(\cos \alpha^* - \cos \alpha_{\max})$$

$$(V^*)^2 = 2gl(\cos \alpha^* - \cos \alpha_{\max})$$

$$P = mg(\cos \alpha^* + 2(\cos \alpha^* - \cos \alpha_{\max})) = mg(3\cos \alpha^* - 2\cos \alpha_{\max})$$

Так як при $\alpha = \alpha^*$ вага тіла $P = mg$, тоді:

$$mg = mg(3\cos \alpha^* - 2\cos \alpha_{\max})$$

$$\cos \alpha^* = \frac{2}{3} \cos \alpha_{\max}$$

$$\alpha^* = \arccos\left(\frac{2}{3} \cos \alpha_{\max}\right).$$

Таким чином, якщо $\alpha^* \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$, вага тіла $P < mg$, але збільшується від $P = mg \cos \alpha_{\max}$ до $P = mg$.

Якщо $0 \leq \alpha \leq \alpha^*$, вага тіла $P > mg$ і продовжує збільшуватись від $P = mg$ до $P = m\left(g + \frac{V^2}{l}\right)$, де $V^2 = 2gh$ ($h = l(1 - \cos \alpha_{\max})$).

Чи можлива миттєва невагомість тіла у випадку математичного маятника?

Так, стан миттєвої невагомості можливий, коли $\alpha_{\max} = 90^\circ$ ($V = 0$, тобто зупинка тіла при горизонтальному положенні підвісу). У цьому випадку дійсно $\vec{a} = \vec{g}$, а $\vec{P} = 0$!

Отже, якщо кут α змінюється від $-\frac{\pi}{2}$ до $+\frac{\pi}{2}$, вага тіла змінюється

від нуля до $P_{\max} = m\left(g + \frac{V^2}{l}\right)$ при $\alpha = 0$, де $V^2 = 2gl$.

Тоді $P_{\max} = m\left(g + \frac{2gl}{l}\right) = 3mg$, а потім знову зменшується до нуля. У

цьому випадку α^* буде звичайно мати інше значення.

Знайдемо α^* для цієї фізичної ситуації (рис. 9).

$$N - mg \cos \alpha^* = m \frac{(V^*)^2}{l}$$

$$mg\Delta h = \frac{m(V^*)^2}{2} \Rightarrow (V^*)^2 = 2g\Delta h$$

$$\Delta h = l \cos \alpha^*$$

$$P = mg \cos \alpha^* + m \frac{2gl \cos \alpha^*}{l}$$

$$P = mg(\cos \alpha^* + 2 \cos \alpha^*) = 3mg \cos \alpha^*$$

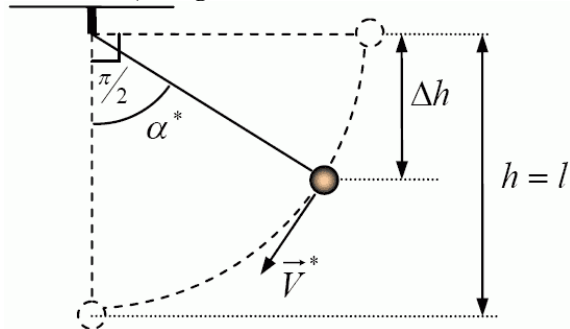


Рис. 9

Нагадаємо, що при $\alpha = \alpha^*$: $P = mg$. Тоді:

$$mg = 3mg \cos \alpha^*; \quad \cos \alpha^* = \frac{1}{3}$$

$$\alpha^* = \arccos \frac{1}{3} \Rightarrow \alpha^* \approx 70^\circ$$

Залежність $P(\alpha)$ має наступний вигляд (рис. 10):

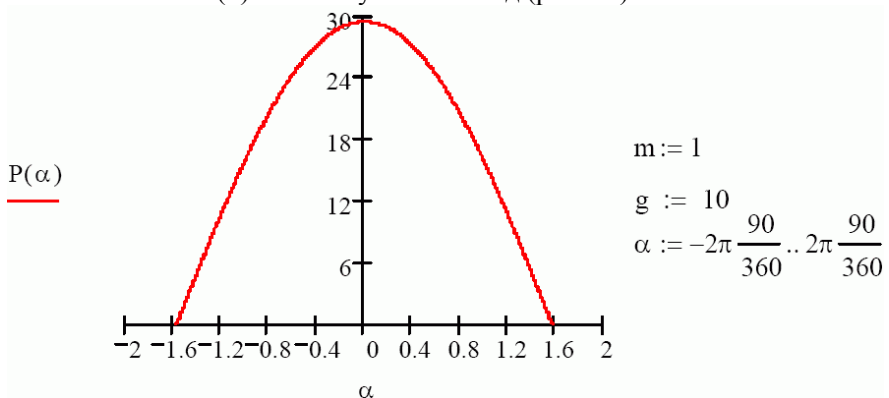


Рис. 10

Для різних мас математичного маятника маємо сімейство графіків

(рис. 11):

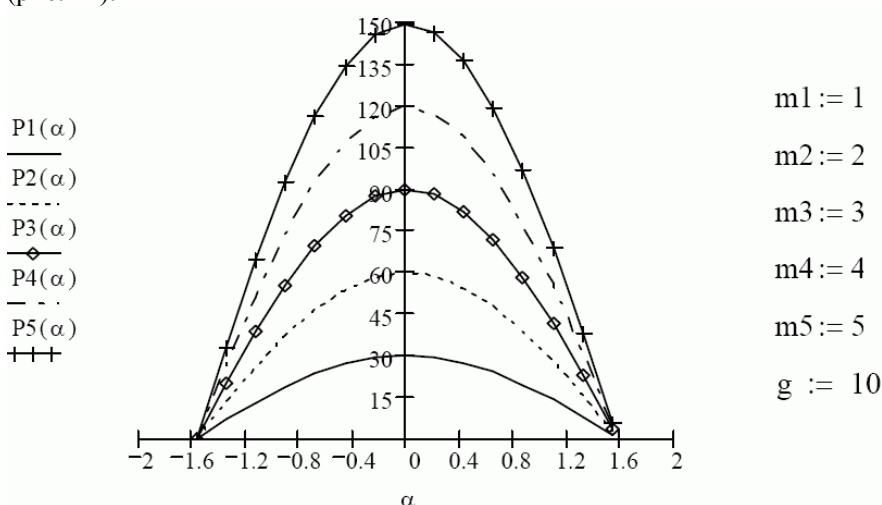


Рис. 11

Література

1. Коваленко О. В. Науково-методичний аналіз навчальних текстів та конкретизація визначень фізичних понять / Коваленко О. В. // Науковий пошук молодих дослідників : збірник наукових праць студентів. – 2009. – №4. – 185 с.
2. Проказа О. Т. Інформаційні технології навчання у фізичних дидактико-методичних системах / Проказа О. Т., Коваленко О. В. // Інформаційні технології в наукових дослідженнях і навчальному процесі : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (18–19 листоп. 2009 р.). – Луганськ, 2009. – 180 с.

ВИКОРИСТАННЯ ЗНАТЬ З ФІЗИКИ ПРИ ПОЯСНЕННІ ПОГОДНИХ ЯВИЩ

І.М. Пустинникова, М.О. Барікова
м. Донецьк, Донецький національний університет
fizik_FOI@mail.ru

Фізика – наука про природу, яка вивчає прості і разом з тим найбільш загальні властивості матеріального світу. Внаслідок цього фізика і її закони лежать в основі всього природознавства.

Серйозний недолік сьогоднішньої школи – порушення принципу єдності природничонаукової освіти. Одна з причин цього полягає в тому, що знання, які учні одержують протягом усіх років навчання, подаються в роз'єднаному вигляді, тобто, з погляду учнів, не пов'язані між собою загальними законами. Адже не таємниця, що не тільки основні закони, але й електрони, атоми та інші об'єкти навколишнього світу учні поділяють на фізичні, хімічні, біологічні, астрономічні і не зв'язують їх з об'єктивною реальністю.

Однак, всі галузі сучасної науки тісно пов'язані між собою, тому і шкільні навчальні предмети не можуть бути ізольовані один від одного. Міжпредметні зв'язки є засобом глибокого і всебічного засвоєння основ наук у школі. Встановлення міжпредметних зв'язків у шкільному курсі фізики сприяє більш глибокому засвоєнню знань, формуванню наукових понять і законів, удосконалюванню навчального процесу і оптимальній його організації, формуванню наукового світогляду, усвідомленню єдності матеріального світу, взаємозв'язків у природі і суспільстві. Це має величезне виховне значення. Крім того, застосування міжпредметних зв'язків сприяє підвищенню наукового рівня знань учнів, розвитку їх логічного мислення та творчих здібностей.

При спробі пояснити явища природи з точки зору фізики, у свідомості учнів знання з різних предметів вступають між собою в контакт у незвичних ситуаціях і діють як наукове узагальнення, як засіб пізнання навколишнього світу. Фізичний образ явища в свідомості учня складається на основі багатьох тем, продуманих і переглянутих в світлі власного досвіду. Фізичні процеси, розглянуті в природних явищах, легко сприймаються учнями з однаковою почуттям внутрішньої близькості, органічної спорідненості. Учні краще розуміють такі питання: чому небо блакитне; чому взимку при сонячній погоді холодніше, ніж при хмарній; чому зорі «мерехтять» на мороз тощо, а також усвідомлюють, що світ єдиний, просто різні науки описують його з різних боків. Саме в силу цих причин гармонійне поєднання різних природничих наук (фізики,

географії, хімії, біології) дозволяє формувати цілісне природничонаукове світосприйняття та світорозуміння школярів.

Покажемо формування досить складного за змістом поняття погода. В зміст його входять такі елементи: температура повітря, атмосферний тиск, вітер, хмари, опади тощо. При формуванні поняття погода необхідно об'єднати і узагальнити ці окремі елементи. Тому завдання вчителя полягає в тому, щоб на основі окремих понять, засвоєних учнями при вивченні природознавства, сформулювати загальне поняття про погоду, встановити взаємозв'язки явищ погоди і розкрити не тільки на уроках географії, де вони вивчаються традиційно, але й на уроках фізики причини її мінливості [4, 162].

Під час реалізації міжпредметних зв'язків вчитель навчає дітей таким прийомом розумової діяльності, як узагальнення, порівняння, зіставлення окремих ознак кожного явища, виділення головного. Завдяки цьому учні можуть узагальнювати окремі явища погоди і об'єднувати їх, а також використовувати опорні поняття, які засвоєні ними при вивченні природознавства [4, 166].

При всій наївності деяких питань про погоду та про причини її змін, насправді відповісти на них не завжди просто. Дивно, але дуже часто найскладніше буває відповісти на питання дитині дошкільного віку. Крихітний чоловічок лише починає пізнавати навколишній світ, не сприймає природу як щось зрозуміле. Він прагне зрозуміти суть речей, про які дорослі вже не замислюються, як не замислюються вони, скажімо, над суттю понять «простір» і «час», однак роздуми про них свого часу привели Ейнштейна до створення теорії відносності [4, 5].

Про погоду люди судять, як правило, не за книжками та підручниками, а з власного досвіду, оскільки вона суттєво впливає на їх повсякденне життя. Погода цікавить практично всіх нас, вона є постійною темою розмов, але знаємо ми про неї далеко не все. За багато тисяч років свого існування людство накопичило великий багаж спостережень за погодою та її змінами, які вилилися в різні прикмети.

Що таке прикмета? Це поняття походить від слова «примічати», тобто спостерігати, і виражає постійне відношення між якими-небудь явищами і подіями. Придивившись до навколишнього світу, люди відмітили, що одне явище природи йде за іншим у певній послідовності. Висновок про таку послідовність і є прикметою-прогнозом.

Прикмета погоди, заснована на спостереженнях за її місцевими ознаками, містила вірні відомості про зміни погоди задовго до того, як наука з'ясувала їх причини. Місцеві ознаки, які лежать в основі вірних прикмет, часто не що інше, як явища, що вказують на наближення величезних повітряних вихорів, – циклонів і антициклонів [7].

Найбільш різкі зміни погоди пов'язані з проходженням атмосферних фронтів – зон розподілу між теплими і холодними повітряними масами. Якщо до якого-небудь району наближається теплий фронт, то там спостерігається поступове збільшення, ущільнення і зниження хмарності. У холодну пору року проходження теплого фронту викликає підвищення температури повітря. Прихід холодного фронту супроводжується сильним шквалистим вітром, хмарами купчастої форми, випаданням опадів, різким похолоданням [7, 153-154]. Результати таких спостережень знайшли віддзеркалення в казках, піснях, прислів'ях і приказках різних народів. Багато що з цього фольклору збереглося до наших днів. Науковий аналіз спадку, що зберігся, показує, що деякі уявлення, які існують у народі, дійсно являють собою плід вдумливих зіставлень і вражаючої спостережливості наших предків, що були незрівнянно ближче до природи, чим сучасна людина.

Можна запропонувати учням пояснити різні прикмети погоди при вивченні фізики впродовж усього курсу.

Приверне увагу учнів те, що про зміну погоди нам підказує жива природа. Треба сказати, що люди, які постійно живуть в тісному спілкуванні з дикими тваринами, охоче коментують і пояснюють їх поведінку, пов'язуючи її з тими або іншими метеорологічними явищами.

Можна розповісти учням, що буревісникам і альбатросам до душі бурі та шторми. Без вітру їм важко літати, промишляти здобич. Адже вони користуються висхідними потоками повітря, у якому вони проводять велику частину свого життя. При сильних вітрах буревісники менше втомлюються і можуть протриматися в повітрі кілька діб [4, 23-24; 6]. Тому, якщо над морем літають буревісники з альбатросами, – насувається шторм.

При вивченні теми «Атмосферний тиск» можна розповісти учням про те, що серед моряків широко поширена думка про здатність чайок передбачати погоду: якщо чайки сідають на воду – погода буде гарна, якщо бродять по березі, по прибережних обмілинах – погода має зіпсуватися, якщо літають над водою – буде вітряно тощо. Пояснюється ця здатність чайок «вгадувати» зміни погоди особливостями будови їх тіла: трубчасті кістки чайок, порожнисті усередині, чутливі до змін тиску, як вакуумні коробки барометрів-анероїдів [1, 50].

Анероїди (від грец. «безводний») – це прилади (барометри), у яких зміна атмосферного тиску змушує стискуватися або розширюватися гофровану металеву коробку (вакуумну камеру) з розрідженим повітрям усередині. Ці деформації, за допомогою системи важелів та шарнірів, передаються стрілці, що рухається по шкалі, на якій стоять позначки, що відповідають певним значенням тиску. Покази анероїда з часом зміню-

ються внаслідок зміни пружності стінок коробки, тому його необхідно час від часу зв'язати з ртутним барометром.

Про зміну погоди людині підказує не лише поведінка тварин, рослин, а ще й нежива природа. Наприклад, можна запропонувати учням пояснити таку прикмету: «Мало зірок на небі – до негоди». (При погіршенні погоди збільшується кількість водяної пари в атмосфері й на висоті 8–10 км утворюються кришталіки льоду, які розсіюють світло подібно диму чи туману, в зв'язку з чим колір неба стає білішим. Потім хмарність ущільнюється і слабкі зірки стають невидимими).

Вдень видно, як небо стає молочно-білим, і ось вже все воно ніби покрито серпанком пір'ясто-шаруватих хмар. Здається, що сонце світить крізь матове скло та його обриси стають все більш розпливчастими. Саме в таку погоду можна побачити кільця та вінці: «Кільця навкруг Сонця – до негоди».

Кожного дня ми кажемо про звичайні погодні явища, такі як вітер, хмари, опади та температуру. Люди кажуть, що при наявності вітру холодніше, а чи дійсно вітер впливає на показання термометра?

Вітер – це переміщення повітря над поверхнею Землі. Якщо температура повітря, яке рухається, така ж, що й у навколишнього середовища, і термометр сухий, то вітер не впливає на показання термометра.

А ще при викладанні фізики можна запропонувати якісну задачу, яка зацікавить учнів та активізує їх критичне мислення.

Усім відомо, що весняні заморозки – справжнє нещастя не тільки для плодових і овочевих культур, але навіть і для польових. Чому і коли бувають заморозки? Весняні й осінні заморозки бувають з двох причин: від нічного земного випромінювання і від вторгнення значних холодних мас повітря з інших районів.

З променями Сонця ллється на Землю потік енергії. Частина енергії сонячних променів відбивається атмосферою назад у міжпланетний простір, частина поглинається атмосферою і частина досягає поверхні Землі і поглинається нею. Нагріта Земля у свою чергу випромінює енергію. Встановлюється рівновага між надходженням і витратою енергії на Землі (тепловий баланс), і середня температура Землі залишається постійною.

Теплова рівновага Землі часто порушується навіть протягом доби. Вдень, особливо влітку, Земля одержує більше енергії, чим сама випромінює, і тому нагрівається. Вночі, навпаки, поверхня Землі охолоджується, тому що вона одержує енергії (від атмосфери, а не від Сонця) менше, ніж випромінює. Різниця між ґрунтовим і атмосферним випромінюваннями називається ефективним випромінюванням.

Атмосфера відіграє величезну роль у збереженні тепла Землею.

Вдень вона пропускає видимі сонячні промені, а вночі атмосфера ніби прикриває Землю ковдрою – дуже сильно затримує невидимі теплові потоки, які йдуть від поверхні Землі. У цьому відношенні атмосферу можна порівняти зі стеклами оранжереї чи парника, що пропускають видимі сонячні промені, але не пропускають невидимі, інфрачервоні промені. Якби не було атмосфери, температура вночі на Землі завжди знижувалася б на кілька десятків градусів.

Велику зміну в тепловий баланс Землі вносять хмари. Вони затримують промені. Тому в похмурий літній день прохолодніше, ніж у ясний. Зате в ясну ніч холодніше, ніж у хмарну. Заморозки можуть наступити тільки в ясну ніч, коли теплове випромінювання ґрунту більше, ніж теплове випромінювання атмосфери.

Виключне значення для утворення заморозку має вологість повітря. Якщо вологість велика і повітря близьке до насичення паром, то при зниженні температури повітря пара може стати насиченою і почне випадати роса. Але при конденсації водяної пари виділяється енергія (питома теплота пароутворення при температурі, близькій до 0 °С, дорівнює 2500 кДж/кг). Тому повітря біля поверхні ґрунту при утворенні роси не буде охолоджуватися нижче точки роси й імовірність того, що буде заморозок, зменшиться.

Зі сказаного можна зробити такий висновок: імовірність заморозку залежить, по-перше, від швидкості зниження температури і, по-друге, від вологості повітря. Досить знати одне з цих даних, щоб більш-менш точно пророчити імовірність заморозку.

За таблицею, складеною професором Броуновим [2] (рис. 1), імовірність заморозку визначається по швидкості зниження температури. На вертикальній осі рисунка зазначена температура повітря о 9 годині вечора, а на горизонтальній осі – різниця температур між 1 годиною дня й 9 годинами вечора. Точка перетину цих координат виявиться в тій або іншій ділянці графіка, по якому й визначається ймовірність заморозку. Наприклад, о 1 годині дня температура повітря була 8 °С, о 9 годині вечора температура повітря дорівнює 3 °С. Імовірність заморозку дорівнює 100 %. Заморозок буде [2].

При сильно хмарній погоді частина теплового випромінювання Землі відбивається від хмар до ґрунту і не допускає сильного (до точки роси) зниження температури земної поверхні і повітря [5, 69-72].

Можна запропонувати учням пояснити з фізичної точки зору таку народну прикмету: «Вночі був іній – вдень снігу не буде». (Іній випадає при охолодженні повітря нижче точки роси. Це відбувається вночі в ясну погоду при відсутності хмар. За наявності хмар, з яких може випасти сніг, вночі тепло зберігається, і іній не випадає).

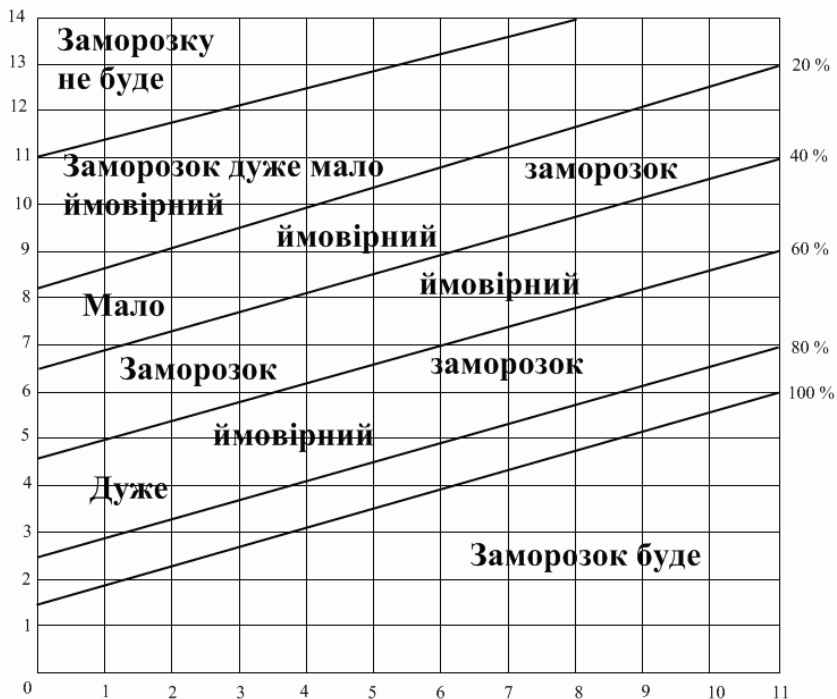


Рис. 1. Діаграма Броунова

Якщо не заглиблюватись в складні механізми формування погоди, спробуємо пояснити ще деякі з народних прикмет. Будемо виходити з того, що з погіршенням погоди пов'язано підвищення кількості водяної пари в повітрі, тобто вологості, та зниження атмосферного тиску.

Перед дощем багато речовин, які поглинають в себе вологу з повітря, сиріють. В народі кажуть: «сіль мокне – до дощу», «тютюн сиріє – до сирої погоди», крім того «якщо влітку рами вікон плачуть – до сирої погоди», «до негоди сіль становиться вологою». (При сирій погоді водяна пара становиться насиченою та при будь-якому охолодженні (наприклад, при потраплянні на холодні рами) або при наявності центрів конденсації переходить у рідкий стан).

Старовинну народну прикмету «скіпка тріщить і іскрить – до негоди» можна пояснити тим, що при підвищеній вологості дерев'яні предмети сиріють. При горінні волога з деревини інтенсивно випаровується. Пара, яка збільшується в об'ємі, з тріском розриває дерев'яні волокна.

Учні з зацікавленням дізнаються, що застосовувати фізику можна

не тільки на уроках, а й у повсякденному житті, оскільки багато погодних прикмет можливо обґрунтувати, використавши знання з фізики.

Література

1. Астапенко П. Д. Ну и погода сегодня! / П. Д. Астапенко. – М. : Мысль, 1977. – 110 с.
2. Блудов М. Беседы по физике : в 2 ч. / М. Блудов. – М. : Просвещение, 1972. – Ч. 1. – 175 с.
3. Заянчковский И. Ф. Живые барометры / И. Ф. Заянчковский. – 2-е изд., доп. – М. : Лесная промышленность, 1987. – 152 с.
4. Межпредметные связи естественно-математических дисциплин : пособие для учителей. Сб. статей / Под ред. В. Н. Федоровой. – М. : Просвещение, 1980. – 208 с.
5. Петросян Г. П. Викторина к вечеру занимательной физики на тему «Влажность, тепло, холод, погода» / Г. П. Петросян // Физика в школе. – 1990. – №5. – С. 69–72.
6. Симаков Ю. Живые барометры / Ю. Симаков // Юный натуралист. – 1983. – №7. – С. 14–17.
7. Шахнович М. И. Приметы верные и суеверные : Атеистические очерки народного знания и бытового суеверия / Шахнович М. И. – Л. : Лениздат, 1984. – 190 с.

О ПИРОМЕТРИИ И ТЕПЛОВИДЕНИИ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

В.Б. Ранцевич

г. Минск, Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники
rvbrva@tut.by

Излагая законы физики в лекциях для студентов вузов, часто ограничиваются теоретическими вопросами, а практическому использованию физических законов или явлений уделяют очень мало внимания. Это объясняется дефицитом времени на изложение курса общей физики, а также недостаточностью изложения этого материала в классических учебниках физики для вузов. В частности, это замечание относится и к теме «Законы теплового излучения». Кроме того, в этой теме встречаются у разных авторов некоторые разногласия в терминологии. В данной работе предпринята попытка в какой то мере устранить эти недостатки.

Характеристики теплового излучения. Тепловое излучение характеризуется несколькими физическими величинами, названия которых исторически претерпели ряд изменений, а наиболее употребляемые не всегда совпадают с рекомендуемыми, поэтому будем указывать и те, и другие названия [1–3].

1. **Энергетическая светимость (интегральная поверхностная плотность потока теплового излучения)** – это количество энергии всех длин волн, излучаемой в единицу времени единицей поверхности тела по всем направлениям в полусферу (в пределах телесного угла 2π стерadian). Измеряется в $\text{Вт}/\text{м}^2$. Зависит от абсолютной температуры тела.

2. **Излучательная способность (спектральная плотность энергетической светимости (либо спектральная поверхностная плотность потока теплового излучения))** ($\text{Вт}/\text{м}^3$). Это количество энергии, излучаемой в единичном узком спектральном интервале в единицу времени единичной площадкой по всем направлениям.

3. **Поглощательная способность** поверхности тела (**коэффициент поглощения**). Это безразмерная величина, равная доли падающего излучения, поглощаемой данной поверхностью.

4. **Отражательная способность (коэффициент отражения)** – это доля падающего излучения, отражаемая данной поверхностью.

Абсолютно черное тело. Тело, поглощающее всю падающую на него энергию излучения, называется абсолютно черным телом (АЧТ).

Оно все поглощает, ничего не отражает. В природе абсолютно черных тел не существует, хотя многие тела (копоть, черный бархат и др.) близки к ним. Моделью АЧТ может служить малое отверстие в замкнутой полости с непрозрачными стенками. Излучение, попадающее в полость через отверстие, претерпевает многократные отражения, при каждом из которых оно частично поглощается и, в результате, не выходит из отверстия. Поэтому, независимо от материала стенок, такая полость будет иметь поглощательную способность практически равной единице. Законы теплового излучения **абсолютно черного тела** хорошо изложены в учебниках для студентов вузов.

Излучение реальных тел. Любое реальное физическое тело отличается от АЧТ тем, что не только поглощает (излучает), но и отражает электромагнитное излучение. В связи с этим тепловое излучение реальных тел всегда меньше излучения АЧТ, но, тем не менее, его можно описать с помощью законов излучения АЧТ, введя определенную поправку: **коэффициент теплового излучения** (прежние названия: степень черноты, коэффициент черноты, излучательная способность и др.). Для реальных тел коэффициент зависит от материала и состояния его поверхности (наличие окислов, шероховатости и др.), вследствие чего коэффициент излучения зависит от температуры тела и длины волны. Коэффициент теплового излучения обычно определяется экспериментально, но ориентировочно можно воспользоваться табличными значениями.

Если коэффициент излучения поверхности тела не зависит от длины волны, то его называют **серым телом**. Кривые излучения Планка для серого тела геометрически подобны кривым для АЧТ. Тела с окисленной, шероховатой поверхностью близки к серым телам.

Энергетической яркостью (интенсивностью) излучения называют количество лучистой энергии, испускаемой в данном направлении в единицу времени элементарной площадкой в пределах элементарного телесного угла, отнесенное к проекции этой площадки на плоскость, ортогональную к направлению излучения. Различают **интегральную** и **спектральную энергетические яркости** излучения. Распределение интенсивности излучения по отдельным направлениям может быть самым различным, в частном случае одинаковым по всем направлениям (изотропным). Если изотропное излучение исходит с поверхности твердого тела, то его называют **идеально диффузным**. Излучение многих реальных тел близко к диффузному (окисленные шероховатые поверхности металлов и др.) Они имеют практически одинаковую яркость по всем направлениям, т.е. являются диффузными излучателями. Идеальный диффузный излучатель – АЧТ. Для диффузных излучателей интеграль-

ная энергетическая яркость одинакова по всем направлениям.

Пирометрия. Из законов теплового излучения следует, что энергетическая яркость любого тела растет с увеличением его температуры, как при любой длине волны, так и по всему спектру. Это используется в **пирометрии** – методах бесконтактных измерений температуры нагретых тел по их собственному тепловому излучению. «Пирос» по-гречески «огонь», хотя пирометрия используется не только в высокотемпературной, но и в низкотемпературной области. От отрицательных, по Цельсию, до миллионов градусов, где она является единственным методом измерений [3; 5].

Любой **пирометр (бесконтактный термометр)** имеет оптическую систему, концентрирующую излучение с выбранного участка поверхности объекта на приемник излучения. Сигнал, вырабатываемый приемником излучения, пропорционален энергетической яркости объекта в выбранном спектральном интервале. Этот интервал определяется светофильтром, пропусканием объектива, кривой спектральной чувствительности приемника. Результат обработки сигнала электрической схемой выдается на индикаторе в градусах Цельсия. Пирометры бывают как переносные, в виде пистолета, так и стационарные, встроенные в автоматизированную систему управления технологическим процессом.

Если прибор регистрирует излучение практически во всем интервале длин волн, то его называют **пирометром полного (суммарного) излучения** или радиационным пирометром. Сигнал с приемника в таком случае пропорционален четвертой степени абсолютной температуры контролируемого объекта. Если регистрируется излучение в очень узком спектральном интервале, то сигнал с приемника пропорционален спектральной энергетической яркости объекта.. Такие пирометры называют **яркостными** (квазимонохроматическими, а в видимой области- оптическими). Промежуточное положение занимают **пирометры частичного излучения**. Они используют излучение в ограниченном, но достаточно широком интервале длин волн. Показания пирометров совпадают с истинной температурой объекта лишь при пирометрии АЧТ в лабораторных условиях. При пирометрии реальных тел в реальных условиях появляется методическая погрешность, связанная с тем, что реальные тела излучают меньше АЧТ при той же температуре. Приборы снабжают корректором показаний на предполагаемый коэффициент излучения, однако в процессе измерений он может изменяться. При пирометрии реальных тел наибольшую методическую погрешность, связанную с неопределенностью коэффициента излучения имеют пирометры полного излучения. У яркостных она меньше, причем уменьшается с уменьшением рабочей длины волны. Если излучение тел близко к серому, то

наименьшую методическую погрешность измерений имеют так называемые пирометры спектрального отношения (цветовые). В этих приборах регистрируют излучение в двух узких участках спектра при двух близких длинах волн и по отношению полученных сигналов, пропорциональных спектральным яркостям, определяют температуру объекта. В результате деления сигналов исчезает влияние коэффициента излучения, но только для серых тел. Существенными могут быть и методические погрешности, связанные с влиянием отраженного от объекта фонового излучения посторонних источников. Чтобы свести к минимуму все методические погрешности, правильно выбрать метод и прибор, необходима высокая квалификация, в частности знание законов излучения АЧТ и реальных тел. При правильном выборе и применении современные пирометры могут обеспечить измерение близких и очень удаленных объектов, в практически любом интервале температур, с быстродействием до одной тысячной секунды, с точностью до десятых долей процента, объекты – от микросхем до космических тел. Естественно, в одном приборе все предельные параметры не достижимы. Для решения разнообразных стандартных задач есть целый ряд серийно выпускаемых приборов, отдельные сложные задачи требуют разработки уникальных приборов.

Тепловидение. Академик С.И. Вавилов писал: «На Земле все теплое и поэтому все светится видимыми и невидимыми лучами, светится и сам человек» [4]. Устройства, создающие и преобразующие невидимое инфракрасное изображение слабонагретых тел в видимое, называют **тепловизорами**. Тепловизор напоминает телевизионную камеру, только она работает в ИК области спектра. Камера снабжена компьютером для обработки информации с цветным монитором. На экране монитора получают изображение нагретого тела. Каждая точка этого изображения имеет яркость, пропорциональную энергетической яркости контролируемого объекта в данной точке, а, значит, и температуре объекта в этой точке. С помощью тепловизоров можно изучать тепловые и температурные поля исследуемых объектов, выделять изотермы, сравнивать температурное поле объекта с ранее записанным эталонным температурным полем, выявлять отклонения от нормы и т.д. Используют в медицине для диагностики заболеваний, в промышленности для выявления дефектов и контроля качества тепловыми методами, для контроля трансформаторов и линий электропередач с вертолета, обнаружения утечек тепла в зданиях по тепловой картине наружных стен, для контроля футеровки доменных и других печей, для обнаружения очагов лесных пожаров сквозь слой дыма, а также пожаров на торфяниках, обнаружения утечек тепла в подземных теплотрассах, утечек в нефтепроводах и др.

Литература

1. Савельев И. В. Курс общей физики / Савельев И. В. – Т. 3. – М. : Наука, 1987.
2. Жагулло О. М. Основные термины в области температурных измерений : словарь-справочник / Жагулло О. М. – М. : Изд-во стандартов, 1992.
3. Гордов А. Н. Основы пирометрии / Гордов А. Н. – М. : Metallurgia, 1971.
4. Жуков А. Г. Тепловидение / Жуков А. Г., Горюнов А. И., Кальфа А. А. – М. : Знание, 1974.
5. Ранцевич В. Б. Пирометрия при посторонних источниках излучения / Ранцевич В. Б. – Мн. : Наука и техника, 1989 – 104 с.

ОПЫТ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ В РАМКАХ БОЛОНСКОГО ПРОЦЕССА

В.Ф. Русаков, Б.И. Бешевли
г. Донецк, Донецкий национальный университет
kof@dongu.donetsk.ua

Образовательная деятельность традиционно является весьма консервативной и все изменения в организации учебного процесса требуют значительного времени для их внедрения. Еще более длительный период времени требуется для оценки результатов нововведений.

Реформа высшего и среднего образования в Украине, проведенная в последние годы, осуществила коренные изменения старых стереотипов в преподавании вообще, и системе организации учебного процесса, в частности. Предполагается воплощение в жизнь принципа гуманизации образования, методологическая переориентация процесса обучения из информативной формы на личностно-дифференцированный и личностно-ориентированный подход к обучению и оцениванию учебных достижений каждого обучаемого, всесторонне развитие личности человека.

Интеграция Украины в европейское образовательное и научное пространство выдвигает важное требование модернизации образовательной деятельности в контексте обобщенных европейских требований. Такая модернизация предполагает большой объем работы по разработке, унификации и внедрению новых образовательных программ обучения, предусмотренных Болонской декларацией.

Существующие в Украине разработки и приказы Министерства образования и науки Украины по внедрению принципов, провозглашенных в Болонской декларации, носят обобщенный характер. Отсутствуют четкие требования, как к содержанию учебных программ, так и к их адаптации для конкретных специальностей, что препятствует мобильности в образовательной сфере даже в пределах Украины, не говоря уже о европейском образовательном пространстве. Дополнительным препятствием является также общий уровень владения (точнее не владения) иностранными языками.

Таким образом, ясно, что необходимо проводить перманентную работу по согласованию требований к организации учебного процесса, по разработке индивидуальных учебных планов студента с учетом особенностей кредитно-модульной системы.

Большая роль при кредитно-модульной системе обучения отводится самостоятельной работе студентов. Однако на младших курсах студенты не имеют навыков такой работы, поскольку современная школа их прак-

тически не прививает, кроме того, существуют психологические сложности адаптации к особенностям обучения в вузе. На этом этапе важную роль играет индивидуальная работа со студентами, проведение консультаций по изучаемым предметам. Однако в индивидуальных планах работы преподавателя эта работа планируется явно в недостаточных объемах.

Использование различных форм работы студентов под руководством преподавателя, создание условий для полноценной самостоятельной работы в лабораториях, создание необходимого методического обеспечения учебного процесса, требует дополнительных средств и времени.

Учитывая то, что основной целью введения новой системы учебного процесса является не формальное изменение названий и перераспределение учебного времени, а принципиально новый подход к достижению целей образования, основное внимание необходимо уделить перенесению акцентов с информативно-накопительного способа обучения на развитие индивидуализации и самостоятельности в овладении знаниями.

Все вышеизложенное приводит к возникновению больших сложностей при внедрении Болонской системы, хотя первые полученные результаты можно считать положительными. Поввысилась заинтересованность студентов в процессе обучения. Введение модульных контролей вынуждает студентов заниматься систематически, что в свою очередь повышает уровень подготовки будущих специалистов.

Поставленные задачи не могут быть решены без изменения в преподавании фундаментальных дисциплин. Основой формирования научного мировоззрения, развития исследовательских навыков, в цикле фундаментальных дисциплин, по нашему мнению, является общая физика. Знание фундаментальных законов природы, умение формулировать научную задачу и находить пути её решения позволит будущему специалисту достичь успехов в выбранной сфере деятельности, независимо от того, в какой области он будет в дальнейшем трудиться.

Учитывая то, что основной целью введения новой системы учебного процесса является не просто формальное изменение названий и перераспределение часов, как указано выше, а принципиально новый подход к целям образования, основное внимание уделяется перенесению акцентов из информативно-накопительного направления в преподавании на развитие самостоятельности в получении знаний. В этом случае на первое место выходит система аккумулированного накопления результатов текущего контроля и учёт всех достижений студента. Согласно нашим предложениям, текущий контроль с зачислением зачетных баллов необходимо вести на всех этапах учебного процесса.

Эффективность обучения определяется следующими критериями: академической успеваемостью, качеством знаний и степенью выработанности умений и навыков применения полученных знаний.

Важным условием повышения эффективности учебного процесса есть систематическое получение объективной информации о ходе познавательной деятельности учащихся, которую получают благодаря контролю за этой деятельностью. В процессе преподавания любой учебной дисциплины осуществляется регулирование и корректирование этого процесса на основе непрерывного текущего контроля, т.е. получение информации о ходе обучения ученикам и эффективности приемов и методов деятельности самого преподавателя. С целью коррекции процесса обучения учитель проводит диагностику знаний и умений учеников на разных его этапах: лекциях, практических, лабораторных занятиях и т.д., что оказывает содействие переходу учеников на более высокий уровень усвоения знаний.

Эффективность контроля зависит от его организации: времени проведения самостоятельных и контрольных занятий, их частоты и последовательности, характера самостоятельной работы обучаемых (индивидуальной, групповой, фронтальной), объединение методов контроля и самоконтроля (устного, письменного, контрольных заданий, тестового), фиксации и оформления данных контроля процесса обучения.

Система оценивания призвана определить на каждом этапе обучения уровень соответствия обучаемых требованиям Государственного стандарта образования, уровень компетентности студентов, их готовности к применению усвоенных знаний на практике.

Система оценки знаний и умений, используемая на кафедре общей физики, предполагает оценку, как формальных знаний, так и умение логически мыслить, применять теоретический материал для объяснения природных явлений, использовать полученные знания для решения практических задач.

Формальные знания проверяются с помощью тестирования. Контрольная работа позволяет оценить, насколько студенты овладели теоретическим материалом и могут его использовать при решении практических задач. Этот вид контроля проводится после каждого модуля. При проведении лабораторного практикума основное внимание обращается на то, как студенты могут самостоятельно поводить научное исследование, обрабатывать его результаты и делать выводы по проделанной работе. За каждый вид работы студент получает определенное количество баллов, которое, в конце семестра, суммируется.

Кафедра общей физики и дидактики физики Донецкого национального университета преподает курс общей физики, как на физическом,

так и на биологическом, математическом и химическом факультетах. Очевидно, что подход к изложению материала должен определяться спецификой этих факультетов.

При реализации кредитно-модульной системы в курсе общей физики на физическом факультете в каждом семестре было сформировано 3 модуля: 2 содержательных модуля и модуль лабораторных работ. Каждый из содержательных модулей изложения имеет самостоятельную логическую структуру и включает в себя материал лекций и практических занятий. Знания студента оцениваются совокупностью баллов, которые он получает за владение теоретическим материалом и умение решать задачи. Лабораторные работы в курсе выполняются не фронтально, поэтому они выделены в отдельный модуль. Каждая лабораторная работа оценивается отдельно и по этим результатам студент получает итоговую оценку за выполнение лабораторного практикума. Это тем более оправдано, что по лабораторному практикуму необходимо выставить зачет. Все виды учебных занятий, от лекционных до лабораторных, обеспечены учебниками, учебно-методическими пособиями и методическими указаниями.

Как правило, абитуриенты, поступающие на нефизические специальности, мало внимания уделяют изучению школьного курса физики и мало представляют себе роль и место физики в их будущей специальности. Поэтому при изложении курса общей физики студентам нефизических специальностей основное внимание уделяется изложению фундаментальных основ физики, развитию у студентов навыков использования полученных знаний о законах природы в своей профессиональной деятельности. На первое место выходит формирование мотивации к изучению предлагаемого курса и понимание его необходимости. В этом случае задачей преподавателя является не формально-информационное изложение материала, а, в первую очередь, развитие у студентов заинтересованности в изучаемом курсе.

Исходя из вышеизложенного, разработаны рабочие программы по курсу общей физики для студентов нефизических специальностей, в которых предусматривается, что на аудиторные занятия выносятся именно тот материал, в котором больше внимания уделяется мировоззренческим вопросам. Формализованная часть выделена для самостоятельной подготовки. Естественно, что такое построение курса требует полного обеспечения студентов методической литературой и учебными пособиями. С этой целью изданы методические пособия, которые полностью охватывают материал, необходимый для подготовки и защиты лабораторных работ и практических заданий. В этих пособиях приводится не только теоретический материал, но график прохождения всего учебного

процесса. Это позволяет студентам самостоятельно строить индивидуальный график подготовки к занятиям.

Таким образом, на кафедре выработан единый подход к методике проведения занятий. Это позволяет унифицировать требования к организации учебного процесса и системе контроля знаний по курсу «Общая физика», который читается на разных факультетах. Кроме того, чёткая регламентация графика проведения занятий, информированность студентов о системе контроля и оценке знаний, доступность методического обеспечения курса повышает мотивацию к изучению данного предмета.

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

І.В. Сальник, Е.П. Сірик

м. Кіровоград, Кіровоградський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка
Velychko@mail.ru

Сучасна ситуація в суспільстві вимагає оновлення багатьох сторін педагогічної діяльності, обумовлює необхідність впровадження інноваційних технологій, активних форм і методів навчання. Нові технології у вищій школі сприяють розвитку професійних якостей і індивідуальних здібностей студента. Активні форми і методи навчання дозволяють студентам розвивати творче мислення, сприяють їх залученню до розв'язання проблем, максимально наближених до професійних. У плані формування сучасного інформаційного середовища в нашому суспільстві відбуваються революційні зміни. Триває процес тотальної комп'ютеризації всіх сфер життя, у тому числі і освітньої, який висуває особливі вимоги до професійних, ділових і особистісних якостей сучасного фахівця.

В той же час слід визнати, що загальний рівень інформатизації навчальної і наукової діяльності залишається ще достатньо низьким. Криза освіти щодо інформаційних технологій виявляється в істотному розриві між різними групами населення за рівнем інформаційної культури, доступу до інформаційних технологій, знанню англійської мови (що є важливим чинником в опануванні сучасними комп'ютерними технологіями) та ін. Різні можливості також в забезпеченні комп'ютерними технікою і технологіями вищих навчальних закладів обласних центрів і тих, які знаходяться в глибинці, залишається не розв'язаною проблема забезпечення навчального процесу відповідними ліцензійними програмно-педагогічними засобами. І, нарешті, слабке фінансування навчальних закладів дуже обмежує пріоритети їх розвитку, що достатньо сильно впливає на рівень інформатизації в цілому.

Загальною особливістю нових інформаційних технологій у навчанні є орієнтація на індивідуальний підхід до навчання. Теоретико-методологічне підґрунтя цього підходу закладено у працях Л.С. Виготського, В.В. Давидова, Л.В. Занкова та ін. Психолого-педагогічні аспекти використання нових інформаційних технологій у навчальному процесі розглядаються у працях М.І. Жалдака, В.П. Зінченка, Ю.І. Машбиця та ін.

Велику увагу удосконаленню традиційних методів навчання та підготовки фахівців у вищій школі приділяють С.П. Величко, А. Верхола,

Н.І. Дідусь, Т.Ю. Осипова, В. Сидоренко та ін.

Зокрема, В. Сидоренко [3] ставить на перший план фундаменталізацію освіти на основі фундаментальних знань, які забезпечують мобільність і адаптивність до динамічних умов ринку праці, і з цим неможливо не погодитись. Таким чином, одним із пріоритетних напрямків розвитку вищої освіти є фундаменталізація професійної підготовки, що ґрунтується на використанні нових інформаційних технологій.

У сучасних педагогічних виданнях наголошується, що традиційна (неінформатизована) система навчання не створює умови для ефективного розвитку розумових здібностей студентів. Як правило, більшість викладачів прагнуть дати студентам якомога більше інформації. При цьому репродуктивні методи її передачі вимагають мінімуму пізнавальної і творчої активності. Більш того, у студентів формуються негативні якості: втрачається віра в свої сили, напрям їх зусиль зміщується з виробництва знань на виробництво оцінки. У результаті суспільство одержує пасивного фахівця, виконавця, який не володіє навиками ухвалення рішень в професійній сфері. Крім того, відомо, що традиційний процес навчання має ряд класичних суперечностей, які можна сформулювати так: активність викладача і пасивність студента; навчальна програма розрахована на середнього студента; недолік індивідуального підходу; інформація представлена в абстрактно-логічній формі; обмеженість в часі та ін.

Перераховані суперечності складають серйозну проблему для процесу навчання взагалі і є предметом дослідження багатьох вчених як в Україні, так і за її межами. При використанні інформаційних технологій форми традиційної взаємодії викладача і студента змінюються оскільки, по-перше, вводяться нові засоби навчання, що стає необхідною сполучною ланкою процесу. По-друге, студент перетворюється з об'єкту навчання в його суб'єкт завдяки певним особливостям навчання із застосуванням інформаційних технологій, які полягають: у активній позиції студента, переході процесу пізнання з категорії «вчити» в категорію «вивчати» яку-небудь дисципліну усвідомлено і самостійно, інтерактивному зв'язку з різними освітніми ресурсами (бібліотеки, словники, енциклопедії) і освітньою співдружністю (колеги, консультанти, партнери), інформаційній насиченості і гнучкості методики навчання із застосуванням інформаційних технологій, «зануренні» в особливе інформаційне середовище, що якнайкраще мотивує і стимулює процес навчання.

Комп'ютерна підтримка повинна підсилювати педагогічні і методологічні аспекти навчального процесу конкретних курсів в окремих галузях знань, сприяти процесу становлення цілісної наукової картини світу, розвивати методологію підходів наукового пошуку і розв'язання науко-

вих і прикладних задач. У свою чергу, це стимулює особисту зацікавленість студента в результатах навчання. Навчання із застосуванням комп'ютерних технологій повинно розглядатися студентом як таке, що уможливорює досягнення великих результатів у вивченні своєї спеціальності, загальному інтелектуальному зростанні, що зрештою дає можливість досягнення життєвих успіхів на основі якнайповнішої реалізації власних можливостей.

Для формування майбутніх фахівців або керівників різних рівнів будь-якої галузі народного господарства потрібно навчити студента вирішувати поставлені завдання виходячи із загальних принципів, від початку і до кінця, починаючи від постановки завдання, відбору методів і засобів досягнення мети і закінчуючи оцінкою кінцевого результату. Це можливо лише при порівнянні результатів різних підходів, варіації початкових параметрів завдання і зіставлення отриманих результатів з вже відомими. Всі вищезгадані підходи можуть бути найшвидше і успішно реалізовані в курсах природничо-наукових і технічних дисциплін, комп'ютерна підтримка яких легко реалізується з використанням алгоритмічних мов.

Викладач і студент знаходяться сьогодні в рівному положенні – і той і інший вимушені постійно опановувати нові технології для того, щоб одержувати потрібну інформацію, виробляти необхідні навички і уміння для успішного вирішення завдань в своїй області. Використання комп'ютера вимагає від викладача з більшою старанністю продумувати своє комп'ютерне повідомлення, оскільки все, що незрозуміло – розуміється неправильно і при цьому достатньо складно розв'язати непорозуміння, що виникли внаслідок відповідного коментаря або аргументу. А це пов'язано з багатогодинною роботою викладача над комп'ютерним варіантом вже готового відпрацьованого традиційного заняття. Проблема браку часу – основна проблема викладача, який займається також виховною, методичною, науковою роботою, технічною і науковою творчістю студентів і т.д.

В результаті аналізу методичної літератури і педагогічного досвіду викладачів кафедри фізики і методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету нами сформульовані основні проблеми комп'ютерного навчання:

1. Проблема співвідношення об'єму відомостей, яку може бути наданий студенту і об'єму відомостей, які він може, по-перше, охопити, по-друге – осмислити, а по-третє – засвоїти.

Традиційний шлях навчального пізнання полягає, відповідно до понять діалектичної логіки, в переході від явища до суті, від часткового до загального, від простого до складного і т.д., що дає можливість студенту

перейти від простого опису конкретних явищ до формування понять, узагальнення, систематизації, класифікації, а потім і до виявлення суті різних порядків. Новий шлях пізнання відрізняється великим інформаційним потоком, насиченістю конкретикою (тобто фактами), дозволяє швидше проходити етапи систематизації і класифікації. Проте швидкість таких переходів і осмислення фактів, їх систематизація і класифікація обмежені природними можливостями людини і достатньо слабо вивчені. У зв'язку з цим співвідношення традиційного і інформаційного потоків навчальної інформації не може бути точно визначене.

2. Проблема темпу засвоєння студентами матеріалу за допомогою комп'ютера.

В результаті використання навчальних систем відбувається індивідуалізація процесу навчання. Кожен студент засвоює матеріал відповідно до свого плану, тобто відповідно до своїх індивідуальних здібностей сприйняття. У результаті такого навчання вже через 1–2 заняття різні студенти знаходяться на різних стадіях (рівнях) вивчення нового матеріалу. Основне завдання полягає в тому, щоб студенти знаходилися на одній стадії перед вивченням нового матеріалу. Це може бути досягнуте при з'єднанні різних технологій навчання, причому навчальні системи повинні містити декілька рівнів складності.

3. Особливості комп'ютеризації фізичних і технічних дисциплін.

Процес впровадження інформаційних технологій в навчання студентів достатньо складний. Застосовуючи комп'ютер в навчальному процесі, необхідно стежити за тим, щоб студент не перетворився на автомат, який уміє мислити і працювати тільки за запропонованим йому алгоритмом, який заданий наприклад комп'ютером. Для вирішення цієї проблеми у викладанні фізичних дисциплін разом з інформаційними методами навчання оптимально застосовуються і традиційні. Слід зазначити, що комп'ютер, як педагогічний засіб, використовується, як правило, епізодично. Крім того, з урахуванням специфіки викладання фізики як експериментальної науки виникає проблема співвідношення віртуального і реального фізичного експерименту в процесі навчання.

В зв'язку з цим ми вважаємо, що: по-перше, з урахуванням того, що фізика в своїх основах в рівній мірі спирається на реальний експеримент і аналітичний фундамент, комп'ютерний супровід не повинен замінювати демонстраційний експеримент або роботу лектора у дошки. Навпаки, комп'ютерні картини, що генеруються, повинні сприяти яснішому представленню реального експерименту. По-друге, як засіб виразу фізичних модельних образів повинна бути вибрана інтерактивна комп'ютерна графіка з анімацією, що дозволяє представити рухомі елементи пристроїв, покази приладів, динамічні моделі первинних фізичних процесів.

Комп'ютерна графіка розглядається тут як головний виразний засіб у зв'язку з тим, що фізичне знання складається з взаємно проникаючих образів трьох типів: вербальних, формульно-аналітичних і просторово-наочних. Останні при вдалому їх втіленні, найбільш доступні більшості студентів і сприяють засвоєнню як аналітичного апарату, так і словесного опису явищ, властивостей, законів, завдань і т.д. По-третє, засоби управління комп'ютерними картинами повинні бути гранично зручними для викладача, який веде розповідь, малює і пише на дошці, демонструє реальний експеримент [2].

Використання комп'ютера не тільки полегшує обчислення, але і відкриває перед викладачем і студентом широкі можливості для творчого аналізу досліджуваних проблем. Одночасно комп'ютер дозволяє оперативно підтвердити справедливість тієї або іншої моделі фізичного явища або закономірності. Головна відмінність програм моделювання від реальних фізичних явищ полягає у відсутності похибок в математичних моделях явищ, що до певної міри ідеалізує досліджуване явище і дозволяє істотно активізувати пізнавальну діяльність студентів. При цьому комп'ютер не тільки виконує роль експериментальної установки для вивчення об'єкту дослідження у вигляді імітаційних комп'ютерних моделей, але і виступає як засіб моделювання складних фізичних експериментів, виконує роль інструменту для вивчення певного фізичного явища.

Варто відзначити, що в сучасній фізичній галузі науки є цілий ряд фундаментальних дослідів, які є дуже цінними для навчального процесу (наприклад, Іоффе і Міллікена, Толмена і Стюарта, Провина, Планка, досліді з визначення швидкості світла і т.д.). Такі досліді лежать в основі фізичних теорій, вони мають велике пізнавальне і виховне значення, але складні у виконання, вимагають дорогого або дуже складного устаткування і відповідно важко доступні для відтворення. Наявність комп'ютера дозволяє знайомити кожного студента із схемами основних експериментів і дослідів, а також одержувати і аналізувати якісні і кількісні результати. Одночасно комп'ютерна графіка дозволяє зображати на екрані дисплея графічні залежності і співвідношення, а також ті процеси, які наочно не спостерігаються в ході експерименту, але їх роль дуже важлива для розуміння механізму фізичних явищ, які вивчаються.

В ході виконання індивідуальних дослідів, лабораторних робіт і фізичного практикуму використання комп'ютерів перетворює об'єкт пізнання або процес згідно з певною програмою в самостійне дослідження, яке студент виконує творчо.

У зв'язку з вище вказаними труднощами оснащення навчальних лабораторій сучасним (звичайно достатньо дорогим і дефіцитним) устат-

куванням і вимірювальними приладами нерідко спостерігається певна тенденція до заміни реального фізичного експерименту його комп'ютерним моделюванням, що, у принципі, дає значну економію і в засобах, що витрачаються, і в часі спостереження відповідних явищ [1]. Проте, ми вважаємо, що подібні тенденції украй небажані, і основу лабораторних робіт повинні складати експерименти з реальними фізичними приладами в комбінації з віртуальним експериментом. Належне використання комп'ютерних технологій вельми корисно і відкриває абсолютно нові можливості. За цих умов, використання реального фізичного експерименту і комп'ютерного учбового експерименту є взаємодоповнюючими способами вивчення фізичного (реального) навколишнього світу, його законів і закономірностей розвитку, як в методичному, так і в методологічному аспекті.

Програми дослідження явищ і процесів сприяють формуванню у студентів знань про методи дослідження у фізиці. На відміну від демонстраційних програм, які дозволяють лише демонструвати фізичні дослідження, явища, дослідницькі програми дозволяють проводити експерименти, одержувати графічні зображення результатів проведених досліджень. Взаємодія з комп'ютером дозволяє студенту безпосередньо брати участь в роботі програми, керувати протіканням явища або процесу. Він може досліджувати явище, задаючи умову його протікання або змінюючи фізичні параметри, спостерігати і порівнювати отримані результати, виявляти закономірності, аналізувати, робити висновки. На нашу думку, такі програми є найбільш раціональними в плані оптимального поєднання теоретичного, експериментального методів і використання комп'ютерної техніки. Під час проведення самостійних досліджень фізичних явищ підвищується рівень не тільки теоретичних знань студентів, але і формуються експериментальні уміння.

Важливо, щоб кожен студент оволодів навичками роботи з комп'ютерною технікою і використовував їх в своїй професійній діяльності. Майбутній вчитель фізики повинен уміло, методично грамотно використовувати інформаційні технології в своїй роботі. Виходячи з цього, при підготовці вчителів фізики необхідно звернути увагу на методику використання комп'ютерних технологій в навчальному процесі середньої школи. З цією метою в нашому навчальному закладі студенти фізики вивчають спецкурс «Використання комп'ютера в навчанні фізики», метою якого є опанування студентами навичками і уміннями використання інформаційних технологій в конкретних умовах школи з урахуванням рівня і профілю навчання. Студенти навчаються використовувати комп'ютер для проведення уроків, що містять фізичний експеримент при вивченні, повторенні або закріпленні вивченого матеріалу в

курсі фізики (із застосуванням мультимедійного відеопроєктора); для проведення фронтальних лабораторних робіт і експериментальних завдань з учнями в комп'ютерному класі; для додаткових завдань з обдарованими учнями з метою проведення додаткового експерименту з тем, що виходять за рамки програми шкільного курсу фізики; для контролю знань учнів (електронне тестування); для проведення індивідуальних лабораторних робіт і експериментальних завдань учням, що пропустили заняття з тієї або іншої причини.

Підводячи підсумки, потрібно відзначити, що висунута на перший план проблема комп'ютеризації освіти стикається з труднощами, які, з одного боку, пов'язані з невикористаними можливостями інформаційних технологій, а з іншого боку – невідповідністю традиційних навчальних курсів можливостям комп'ютера. І поки не буде пріоритетного розвитку інформаційних технологій, не будуть вкладені засоби на розробку програмного забезпечення, яке вирішує психолого-педагогічні і методичні проблеми рядового викладача, – про успішну інформатизацію освіти говорити неможливо.

Література

1. Самойленко П. И. Совершенствование методики проведения демонстрационного эксперимента по физике посредством его компьютеризации / Самойленко П. И., Сергеев А. В., Тыщук В. И. // Среднее профессиональное образование – 1997. – № 2. – С. 33-35; – № 4. – С. 25-30.
2. Компьютерное сопровождение урока физики – новая информационная технология для предметного кабинета / Сидоренко Ф. А., Кренцис Р. П., Глазунов Г. Б., Которов Н. П. – Екатеринбург : Уральский государственный технический университет, 2005.
3. Сидоренко В. Фундаменталізація професійної підготовки як один із пріоритетних напрямів розвитку вищої освіти в Україні / Сидоренко В., Білевич С. // Вища освіта України. – 2004. – №3. – С. 35–41.

ВИКОРИСТАННЯ ДИНАМІЧНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ОСОБЛИВОСТЕЙ РУХУ НЕБЕСНИХ ТІЛ НА УРОКАХ ФІЗИКИ ТА АСТРОНОМІЇ

І.Л. Семешук¹, В.А. Машенко²

¹ м. Рівне, Рівненська філія Європейського університету

² м. Рівне, Рівненський державний гуманітарний університет
semeshchuk@ukr.net

Комп'ютерне моделювання є одним із ефективних методів вивчення складних фізичних систем і процесів, що відбуваються у природі. Комп'ютерні моделі простіше і зручніше досліджувати, оскільки вони дозволяють проводити обчислювальні експерименти, реальне виконання яких утруднене або може дати не передбачуваний результат. Логічність і формалізованість комп'ютерних моделей дозволяє виявити основні фактори, що визначають властивості об'єктів, дослідити відклик фізичної системи на зміну її параметрів і початкових умов.

У повсякденній освітній практиці умінню створювати комп'ютерні моделі та проводити експерименти за їх допомогою приділяється ще недостатньо уваги. Труднощі пов'язані насамперед зі створенням математичної моделі фізичної системи або явища. По-друге, потрібно знати та використовувати готові програмні засоби для аналітичного, графічного, чисельного розв'язування математичних задач, які є математичними моделями фізичних систем або явищ. По-третє, потрібні уміння обирати метод чисельного розв'язування математичних задач, які є математичними моделями досліджуваних процесів і явищ. Отже, розробка ефективної методики використання методу комп'ютерного моделювання для формування дослідницьких умінь учнів в наш час є актуальним завданням.

Мета нашої роботи полягала в створенні комп'ютерної математичної моделі засобами інформаційних технологій за допомогою якої можна отримати конкретний вигляд траєкторії руху небесного тіла та дослідити її зміни в залежності від окремих параметрів моделі.

Цікавими з точки зору використання методу комп'ютерного моделювання на уроках фізики і астрономії є динамічні послуги програми GRAN1. Програма GRAN1 в основному орієнтована на використання при вивченні математики в школі. За її допомогою можна швидко будувати графічне зображення математичної моделі, розв'язувати задачі на обчислення, проводити дослідження. Разом з тим, завдяки можливостям графічного супроводу комп'ютерного розв'язання задачі, можна розв'язувати не тільки складні математичні, але й фізичні задачі.

Основою роботи з програмою є створення математичної моделі.

Під час руху небесного тіла (планети, комети, штучного супутника) під дією сили тяжіння з боку Сонця його повна енергія E та момент імпульсу L відносно Сонця зберігаються:

$$E = \frac{mv^2}{2} - G \frac{Mm}{r} = \text{const},$$

$$\vec{L} = m(\vec{r} \times \vec{v}) = \text{const},$$

де v – швидкість тіла, r – радіус-вектор, проведений від центра Сонця до тіла, M – маса Сонця, m – маса небесного тіла.

Зручно записати ці рівняння в полярних координатах:

$$\frac{m}{2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + \frac{m}{2} r^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 - G \frac{Mm}{r} = E$$

$$mr^2 \frac{d\varphi}{dt} = L$$

Шляхом інтегрування вказаних диференціальних рівнянь можна отримати розв'язок задачі руху небесного тіла під дією сили тяжіння з боку Сонця в наступному вигляді:

$$r = \frac{p}{1 - e \cos \varphi},$$

$$\text{де } p = \frac{4\sigma^2}{GM}, \quad e = \sqrt{1 + \frac{8E\sigma^2}{mG^2M^2}}, \quad \sigma = \frac{1}{2} r^2 \frac{d\varphi}{dt} = \frac{L}{2m}.$$

Конкретний вид траєкторії залежить від значень e (ексцентриситет) і p (параметр), які визначаються початковими умовами, тобто положенням та швидкістю небесного тіла в деякий (початковий) момент часу.

Для побудови навчальної моделі покладемо, що $\sigma = \frac{1}{2} v_0 r_0$, а

$$E = \frac{mv_0^2}{2} - G \frac{Mm}{r_0} = m \left(\frac{v_0^2}{2} - \frac{GM}{r_0} \right) = m \left(\frac{v_0^2}{2} - v_k^2 \right).$$

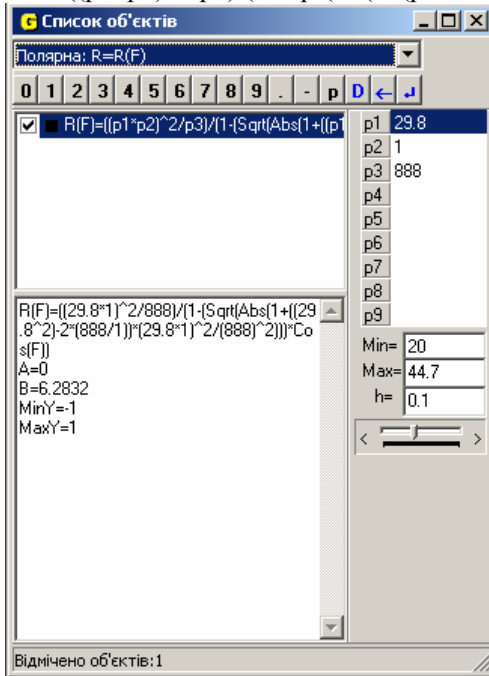
$$\text{Отримаємо: } p = \frac{v_0^2 r_0^2}{GM}, \quad e = \sqrt{1 + \frac{2 \left(\frac{v_0^2}{2} - \frac{GM}{r_0} \right) v_0^2 r_0^2}{G^2 M^2}}.$$

При створенні об'єкту з використанням програми GRAN1 вираз, що задає залежність між змінними (в даному випадку $r=f(\varphi)$) буде містити декілька параметрів. Введемо позначення: $v_0=P1$, $r_0=P2$, $GM=P3$. Порядком використання параметрів при створенні об'єкта є довільним.

Для створення об'єкту в програмі GRAN1 треба записати вираз, що

задає залежність між змінними r і φ з врахуванням введених позначень. Вираз набуває вигляду:

$$R = \frac{(p_1 * p_2)^2 / p_3}{(1 - \sqrt{1 + (2 * (p_1^2 / 2 - p_3 / p_2) * (p_1 * p_2)^2) / p_3^2}) * \cos F}$$



В новій версії програми GRAN1 зроблено можливим побудову об'єктів з використанням динамічних параметрів. Праворуч від списку об'єктів тепер фігурує таблиця із дев'яти елементів з підписами p_1, p_2, \dots, p_9 . Кожен рядок таблиці відповідає одному з динамічних параметрів, які можуть бути використані в аналітичному записі при створенні об'єкту типу «Явна: $y = (X)$ », «Параметрична: $X = X(T), Y = (T)$ », «Полярна: $R = R(F)$ », «Неявна: $0 = G(X, Y)$ », «Коло». Якщо жоден з параметрів не використаний – таблиця порожня. Для параметрів, які використовуються, відповідні рядки

таблиці містять поточне значення цього параметру. Якщо ж параметр не використаний в жодному з об'єктів – відповідний рядок порожній.

Після створення об'єкту з параметром, який ще не використовувався, у відповідний рядок таблиці заноситься початкове значення параметра рівне 1, а також встановлюються мінімальне і максимальне значення інтервалу, на якому відбувається зміна параметру – $Min = -5, Max = 5$, та його приріст h . Для кожного з параметрів можна встановлювати довільні значення Min, Max та h у відповідних рядках, дотримуючись умов $Min < Max, h > 0$. Якщо параметр вже використовувався при створенні одного з попередніх об'єктів, значення Min, Max та h залишаються незмінними.

В нашому випадку потрібно встановити значення Min, Max та h для трьох параметрів: $v_0 = p_1, r_0 = p_2, GM = p_3$. При цьому важливо визначитися з одиницями вимірювання таким чином, щоб програма могла оперувати якомога простішими числами. Так, якщо для визначення відстані від небесного тіла до Сонця r_0 використовувати 1 а. о. (астрономічна одиниця), а для v_0 – км/с, тоді чисельне значення виразу GM дорівнюватиме

$(29,8)^2 = 888,04$ (для колової орбіти $r=r_0=1$). Мінімальне і максимальне значення відрізка, на якому відбувається зміна параметру p_1 – $\text{Min}=20$, $\text{Max}=44,7$, та його приріст $h=0,1$; параметру p_2 – $\text{Min}=0$, $\text{Max}=10$ та його приріст $h=0,1$; параметру p_3 – $\text{Min}=850$, $\text{Max}=900$, та його приріст $h=1$.

В нижній частині вікна «Список об'єктів» знаходиться «бігунок», за допомогою якого можна змінювати значення поточного параметра, тобто такого, який в таблиці виділений іншим кольором. Зміну можна проводити за допомогою маніпулятора «мишка» або клавішами управління курсором. Переміщення бігунка на одну позицію ліворуч або праворуч приводить до зменшення або збільшення значення параметра на приріст h . Граничні позиції бігунка відповідають значенням Min та Max . Якщо в процесі роботи необхідно надати параметру уточнюючого значення, це можна зробити, ввівши значення параметра безпосередньо в таблицю.

При побудові графіків залежностей в аналітичний вираз замість параметра підставляється його поточне значення. Одержаний вираз записується в лівій нижній частині вікна «Список об'єктів», де також розміщується значення границь відрізка, на якому задано залежність, а також мінімальне і максимальне значення залежної змінної на цьому відрізку при вказаних значеннях параметрів. Зміна будь-якого з динамічних параметрів призводить до того, що графіки всіх об'єктів, які містять цей параметр, перемальовуються.

На рис. 1 представлено результати моделювання для випадку, коли $v_0=29,8$ км/с, $r_0=1$ а. о. (відстань від Землі до Сонця), $M=M_3$ (маса Землі). За цих даних траєкторією руху небесного тіла (в даному випадку планета Земля) є коло. Введемо позначення v_k – швидкість, при якій траєкторією руху небесного тіла є коло. За означенням, швидкість, яку потрібно надати тілу, щоб воно рухалось навколо Сонця (або будь-якого іншого небесного тіла) по коловій орбіті на певній відстані від його поверхні, називають першою космічною швидкістю. Отже для випадку руху тіл в полі тяжіння Сонця перша космічна швидкість дорівнює $v_f=v_k=29,8$ м/с.

Якщо швидкість $v_0>0$, але не перевершує v_k , то небесне тіло рухатиметься по еліпсу, в одному з фокусів якого знаходитиметься Сонце. Форма і розміри еліпса будуть різні, в залежності від величини швидкості v_0 . Змінюючи за допомогою «бігунка» значення параметра p_1 , можна спостерігати за змінами в зображенні траєкторії руху небесного тіла на створеній моделі. При малих v_0 еліпс буде стиснутим, Сонце знаходитиметься у фокусі, далекому від небесного тіла. Якщо значення швидкості v_0 буде наближатися до значення v_k , то еліпс поступово набуватиме форму кола. В разі, коли $v_0>v_k$, але не буде перевершує деякої межі v_n (параболічна швидкість), то тіло рухатиметься по еліпсу, але вже Сонце при цьому знаходитиметься у фокусі, ближчому до небесного тіла, а

велика вісь еліпса ставатиме тим більшою, чим ближче v_0 до v_n (рис. 2–3).

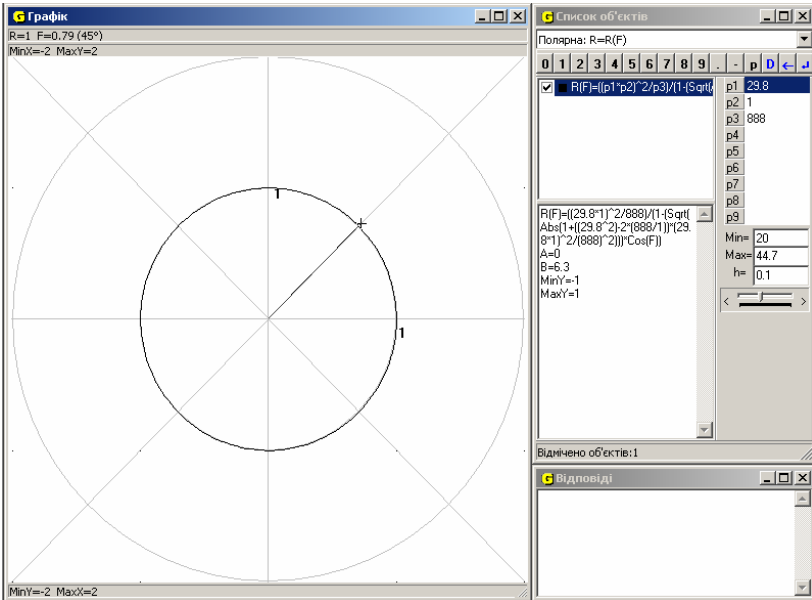


Рис. 1

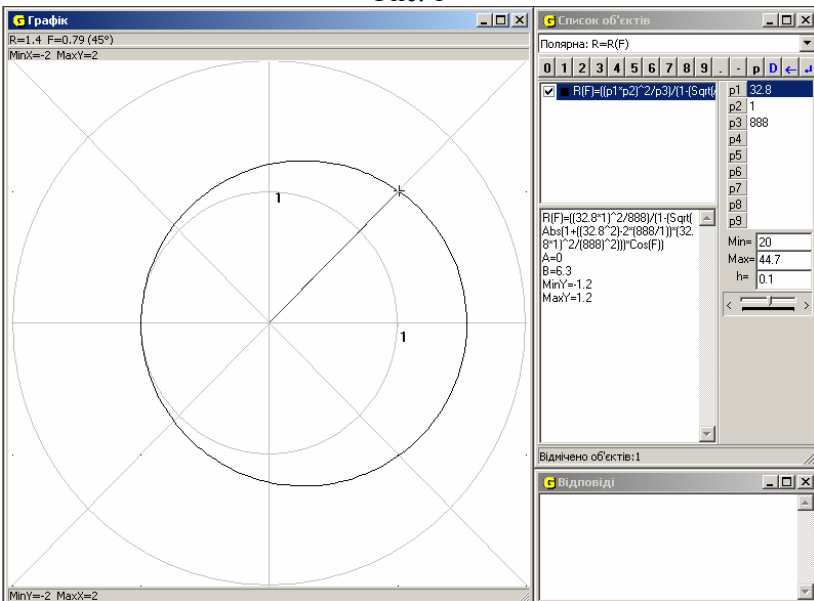


Рис. 2

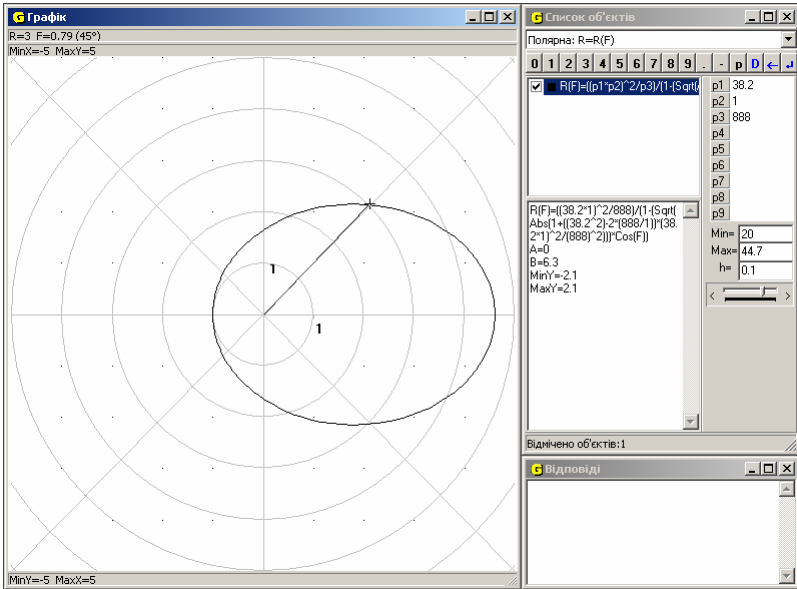


Рис. 3

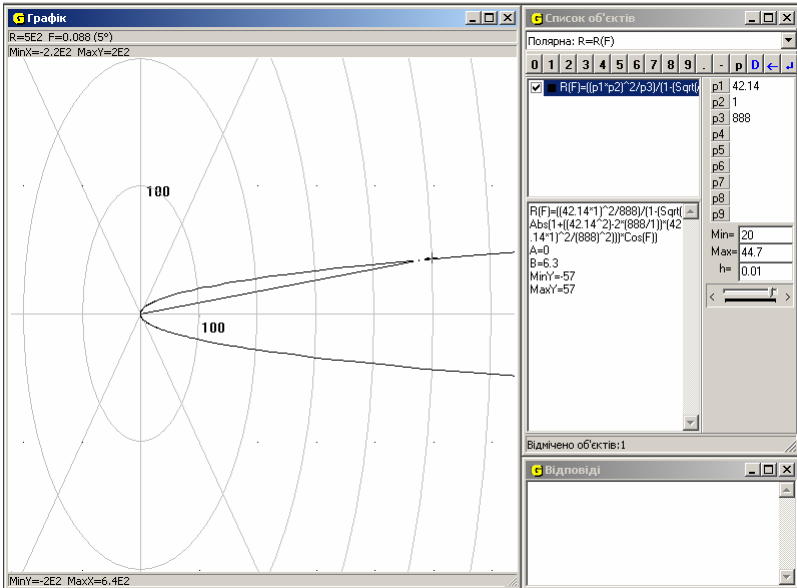


Рис. 4

Швидкість, яку потрібно надати тілу, щоб воно могло вільно без витрат на додаткову роботу подолати вплив поля тяжіння Сонця і віддали-

тися на нескінченно велику відстань, називають другою космічною швидкістю. Для випадку руху Землі навколо Сонця друга космічна швидкість дорівнює $v_{II}=v_n=42,14$ км/с.

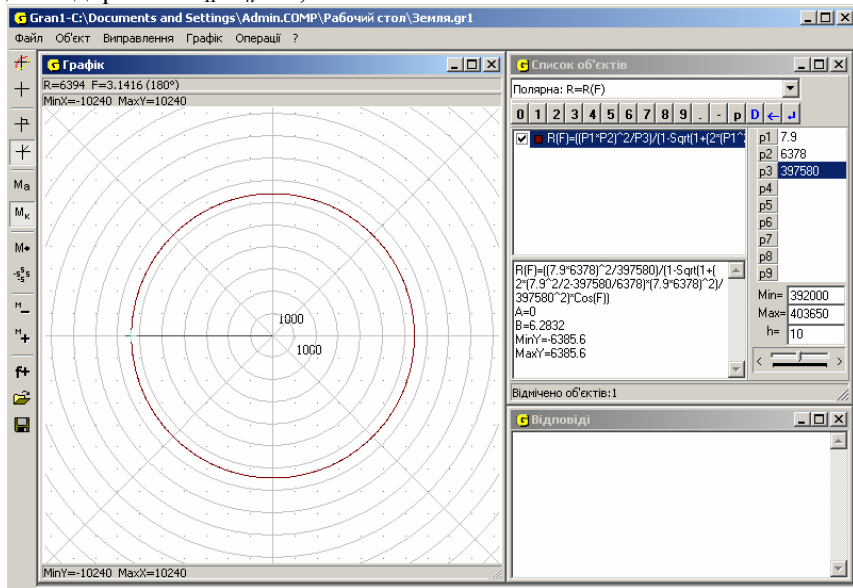


Рис. 5

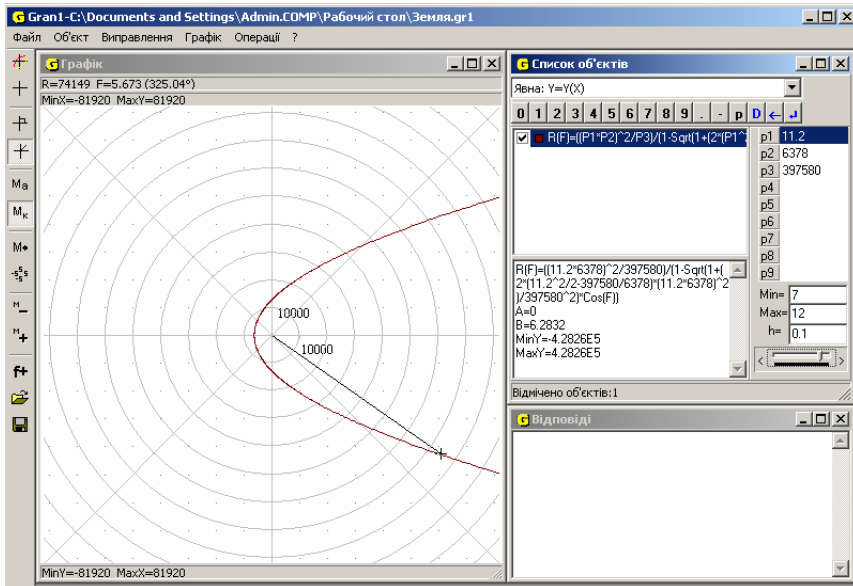


Рис. 6

Для системи «штучний супутник – Земля» вже вигідніше виразити r_0 в кілометрах, для v_0 залишаємо км/с, а вираз GM буде набувати значення $GM \approx 400000$ (для колової орбіти $r_0=R_3=6400$ км). Мінімальне і максимальне значення інтервалу, на якому відбувається зміна параметру p_1 – $\text{Min}=7$, $\text{Max}=12$, та його приріст $h=0,1$, параметру p_2 – $\text{Min}=6350$, $\text{Max}=6450$, та його приріст $h=1$, параметру p_3 – $\text{Min}=390000$, $\text{Max}=405000$, та його приріст $h=100$.

На рис. 5–6 представлено результати моделювання для системи «штучний супутник – Земля». Для випадку руху штучного супутника в полі тяжіння Землі перша космічна швидкість дорівнює $v_I=v_K=7,9$ км/с, а друга космічна швидкість $v_{II}=v_n=11,2$ км/с.

Враховуючи, що однією з важливих вимог до моделі є забезпечення її відкритості (як у напрямі спрощення, так і ускладнення), можна стверджувати, що процес моделювання в даному випадку спрямований на опрацювання задач відкритого типу (задач із нечітко сформульованою умовою). Постановка наступного завдання виникає в процесі створення таких моделей виникає і може розвиватися у напрямку їх ускладнення. Це є важливою передумовою розвитку творчого мислення школярів.

Література

1. Машенко В. А. Технологія формування вмінь і навичок комп'ютерного моделювання в студентів галузі знань «0402 фізико-математичні науки» в процесі вивчення спецкурсів / Машенко В. А., Бордюк М. А. // Нова педагогічна думка. – 2009. – №1. – С. 37–41.
2. Жалдак М. І. Комп'ютер на уроках фізики : посібник для вчителів / Жалдак М. І., Набочук Ю. К., Семещук І. Л. – Костопіль : Роса, 2005. – 248 с.
3. Кузмичев В. Е. Законы и формулы физики / Кузмичев В. Е. – К. : Наукова думка, 1989. – 739 с.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПИТАНЬ РЕЛЯТИВІСТСЬКОГО РУХУ ЧАСТИНОК

Б.А. Сусь¹, Б.Б. Сусь²

¹ м. Київ, Національний технічний університет України «КПІ»

² м. Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка
bogdansus@gmail.com

Постановка проблеми. У науковій і особливо в навчальній літературі немає однозначного розуміння процесів, пов'язаних з релятивістським рухом частинок речовини, тобто рухом, при якому стає помітною залежність маси від швидкості. Проблемними є як формулювання наукових понять, так і термінологія, що їх виражає. У зв'язку з цим виникає необхідність послідовного розгляду цих питань з належним обґрунтуванням.

У шкільних підручниках [1; 2], у посібниках для вищої школи [3], в енциклопедичній літературі [4] стверджується, що маса тіла (частинки) залежить від швидкості за відомою з теорії відносності формулою

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (1)$$

де m_0 – так звана **маса спокою**, визначена в нерухомій системі координат, а m – **релятивістська маса**, визначена в системі відліку, що рівномірно рухається з відносною швидкістю v .

Поява формули (1) пов'язується із дослідженнями руху електронів у магнітному полі і вона має експериментальне підтвердження. Наприклад, для електронів та інших заряджених частинок, які рухаються в магнітному полі, відношення заряду частинки до його маси (e/m) залежить від швидкості, що пояснюється залежністю маси від швидкості. Зростання маси зі швидкістю було вперше встановлено для електронів ще на початку минулого століття [5; 6]. Цей ефект використовується при побудові прискорювачів заряджених частинок і широко відображений в навчальній літературі. Однак ставлення до формули (1) не є однозначним. Зокрема, в роботах [7; 8] вона заперечується. Немає також однозначності в розумінні залежності між енергією і масою тіла: $W = c^2 \cdot m$, яка є важливим висновком теорії відносності. Традиційно під m розуміють загальну (релятивістську) масу [3], інші – тільки масу спокою [7; 8]. Автор [7; 8] поняття «релятивістська маса» називає архаїчним, а термін «маса спокою» взагалі вважає зайвим. На думку [7; 8], замість виразу «маса спокою» m_0 слід говорити просто про масу тіла m , яка для звичайних тіл в теорії відносності і в ньютонівській механіці – одна і та ж, і що

в обох теоріях маса m не залежить від системи відліку. Автор [7; 8] пояснює, що «поняття маси, залежної від швидкості, виникло на початку ХХ століття в результаті "незаконного" поширення ньютонівського співвідношення між імпульсом і швидкістю на область швидкостей, порівняних зі швидкістю світла, в якій воно несправедливе», і що «на кінець ХХ століття з поняттям маси, залежної від швидкості, пора цілковито розпрощатись».

Таким чином, існує необхідність обґрунтування залежності маси тіла від швидкості. В даній статті показується, що в представленні (1) закладений елемент некоректності, тому потрібне інше прочитання цієї формули.

Розгляд проблеми. Уявімо, що за тілом ведеться спостереження із декількох інерціальних систем координат, що рухаються відносно тіла з різними швидкостями. Наприклад, тіло знаходиться в літаку, що рухається зі швидкістю v_1 . Нехай для спостерігача, що також знаходиться в цьому ж літаку, швидкість тіла m_0 . Для іншого спостерігача, що знаходиться на землі, швидкість тіла буде v_2 . Ще один спостерігач їде в поїзді і бачить рух тіла зі швидкістю v_3 . З точки зору спостерігачів виходить, що тіло одночасно рухається з різними швидкостями, отже його маса має різні значення. Однак маса тіла є мірою його речовинності і вона не може залежати від того, хто за тілом спостерігає. Тому можна погодитися з твердженням [7], що маса тіла не залежить від системи координат, в якій вона знаходиться.

Таким чином, є підстави стверджувати, що проблема неоднозначності тлумачень залежності чи незалежності маси від швидкості має значною мірою методичний характер. Тобто, щось тут не так названо, нема однозначного розуміння явища. Для того, щоб усунути проблему, необхідно скоректувати прочитання формули. Справа в тому, що коли ми хочемо розглядати рух тіла в різних системах координат, тіло треба перевести в ту чи іншу систему, а це означає, що необхідно реально змінити його швидкість. Для цього на тіло потрібно подіяти силою, бо **зміна швидкості** від 0 до v відбувається внаслідок прискорення. Отже у формулі (1) символ v насправді означає не швидкість, а зміну швидкості: $\Delta v = v - v_0 = v - 0 = v$ і відповідну зміну $\Delta v^2 = v^2$. Формула (1) формально є правильною, але коректний її запис має вигляд:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{\Delta x^2}{c^2}}}. \quad (2)$$

У такому випадку (2) суперечність відсутня, бо йдеться про зміну швидкості, для чого необхідно над тілом виконати роботу. А це означає, що необхідно змінити його енергію. І не тільки енергію, бо ця формула з

теорії відносності, де розглядається зв'язок між енергією і масою.

Розглянемо детальніше рух тіла у просторі і часі, виходячи із загальних наших уявлень про природу.

Рух – це переміщення речовини в просторі. Характеристикою речовини (тіла, частинки) є маса m . Характеристикою переміщення є швидкість v . Таким чином, характеристикою руху є те, що переміщується – маса m , і як воно переміщується – швидкість v . Такою характеристикою є **кількість руху**: $K=mv$. Зауважимо, що за прийнятою термінологією кількість руху називають імпульсом. Цей термін навряд чи можна вважати вдалим, бо імпульс означає поштовх, удар, в результаті чого змінюється характер руху. Якщо тіло рухається вільно, то ніякого поштовху нема. Це значить, що тіло має кількість руху. Поштовх (імпульс) виникає при взаємодії тіла з іншим тілом. Якщо два тіла рухаються з різними швидкостями, то при зіткненні відбувається поштовх і **зміна кількості руху** dK в часі. Чим більший час триває поштовх, тим більша зміна кількості руху. Тому можна записати:

$$dK=F dt.$$

Зміна кількості руху за одиницю часу називається силою, що діє на тіло:

$$F = \frac{dK}{dt}.$$

В механіці Ньютона вважається, що маса в процесі руху не змінюється. Тоді

$$F = \frac{d(mv)}{dt} = m \frac{dv}{dt}.$$

Однак в результаті дії сили змінюється енергія тіла, а за теорією відносності між енергією і масою існує зв'язок:

$$\Delta W = c^2 \Delta m.$$

Тому сила

$$F = \frac{dK}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = m \frac{dv}{dt} + v \frac{dm}{dt}.$$

Отже, при дії сили може змінюватися і швидкість і маса.

Діючи на тіло, сила виконує роботу:

$$dA = F dx,$$

де dx – переміщення тіла під дією сили.

Проаналізуємо, на що йде робота сили:

$$dA = F dx = \frac{d(mx)}{dt} \cdot dx = \left(m \frac{dx}{dt} + x \frac{dm}{dt} \right) \cdot dx \quad (3)$$

Як бачимо, робота йде **на зміну швидкості** і надання тілу кінетич-

ної енергії, а також **на зміну маси тіла**. При цьому зауважимо, що перший доданок (3) виник в процесі диференціювання, коли маса не змінюється, тобто $m=m_0$. Тому (3) слід записати:

$$dA = \left(m_0 \frac{dx}{dt} + x \frac{dm}{dt} \right) \cdot dx$$

Зазначимо, що традиційно в навчальній літературі необґрунтовано стверджується, що робота сили, яка прискорює тіло, йде тільки на надання йому кінетичної енергії і не береться до уваги, що робота також йде на створення динамічної маси тіла [6; 9].

Знайдемо роботу при переміщенні тіла на деяку відстань x :

$$A = \int dA = \int_{x_0}^x \left(m_0 \frac{dv}{dt} + v \frac{dm}{dt} \right) dx = \int_{x_0}^x m_0 \frac{dv}{dt} dx + \int_{x_0}^x v \frac{dm}{dt} dx.$$

Врахуємо, що $dx=vd t$ і зробимо заміну змінних:

$$A = \int_{v_0}^v m_0 \frac{dv}{dt} (v \cdot dt) + \int_{m_0}^m v \frac{dm}{dt} (v \cdot dt) = \int_{v_0}^v m_0 v \cdot dv + \int_{m_0}^m v^2 dm = m_0 \frac{v^2}{2} \Big|_{v_0}^v + v^2 m \Big|_{m_0}^m = m_0 \left(\frac{v^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} \right) + v^2 (m - m_0) = m_0 \frac{\Delta(v^2)}{2} + v^2 (\Delta m)$$

Як бачимо, в результаті дії сили відбувається не тільки зміна кінетичної енергії, але також зміна маси тіла. Релятивістська маса, таким чином, в традиційному представленні є не чим іншим, як сумарною масою, яка дорівнює масі спокою і приросту маси внаслідок прискорення.

Висновки.

1. Твердження, що маса залежить від швидкості, не можна вважати коректним, оскільки насправді йдеться про зміну швидкості при переході від однієї інерціальної системи координат до іншої. Тому у формулі для релятивістської маси m повинна фігурувати не швидкість v , а зміна швидкості Δv : $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(\Delta v)^2}{c^2}}}$.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(\Delta v)^2}{c^2}}}$$

2. На відміну від традиційних уявлень слід вважати, що робота сили, яка прискорює тіло, йде не тільки на надання йому кінетичної енергії, але також на створення динамічної маси.

Література

1. Мякишев Г. Я. Физика. Оптика, квантовая физика. 11 класс / Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. – М. : Дрофа, 2002. – С. 152, 222.
2. Ohanian H. C. Physics : second edition, expanded / Hans C. Ohanian ;

Rensselaer politedinic institute. –New York-London : W.w.Norton & company, 1988. – P. 971-972.

3. Савельев И. В. Курс общей физики, т. 1 / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1972. – С. 236.

4. Физический энциклопедический словарь. – М. : Сов. энциклопедия, 1983. – С. 507.

5. Китайгородский Л. И. Введение в физику / Л. И. Китайгородский. – М. : Гос. издат. физ.-мат. лит., 1959. – С. 411-412.

6. Шпольский Э. В. Атомная физика, т. 1 / Э. В. Шпольский. – М. : Наука, 1974. – С. 35-38.

7. Окунь Л. Б. Понятие массы / Л. Б. Окунь // Успехи физических наук. – 1989. – Том 158, вып. 3. – С. 511-530.

8. Окунь Л. Б. Формула Эйнштейна: $E_0=mc^2$. «Не смеется ли Господь Бог?» / Л. Б. Окунь // Успехи физических наук. – 2008. –Том 178, №5. – С. 541-555.

9. Спроул Р. Современная физика / Р. Спроул. – М. : Гос. издат. физ.-мат. литературы, 1981. – С. 30.

ТЕРМІНОЛОГІЯ ДЕЯКИХ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬСЯ ПОХІДНИМИ

А.М. Толкачов

м. Харків, Академія внутрішніх військ МВС України
anatol4379@mail.ru

Студенти досить легко розуміють фізичні явища, які мають наочне уявлення. Тому вони найпростіше сприймають механіку, гірше – молекулярну фізику і електрику, а рівень проникнення слухачів у сутність явищ, пов'язаних із полями та хвилями, порівняно низький. В умовах скорочення часу на лекційне навчання пошук оптимальної методики донесення до слухачів знань із фундаментальних дисциплін має особливе значення. Тому викладання, наприклад, фізики та математики повинно бути стислим, чітко сформованим, спрямованим на усвідомлення слухачами фактично тільки основ методу або явища та його використання.

Не заперечуючи необхідність застосування в педагогічному процесі методу запам'ятовування при засвоєнні нових понять, необхідно для їх усвідомлення використовувати й методи моделювання та спрощення уявлень. При цьому слід пам'ятати, що спрощення може принести як користь, так і шкоду – у слухача може залишитися тільки спрощене поняття. Важливо, щоб сама методика викладення фізичного явища була чітко зорієнтована на кореляцію із суміжними дисциплінами і підпорядкована обраній фізичній ідеї.

В фізиці завжди існувала суперечливість визначень, і причини такої ситуації пов'язані з різними точками зору на явище, фаховими спрямуваннями термінів, зміною системи одиниць вимірювання, зміною «моди» на назву. Прикладів неузгодженості термінології можна навести багато, розглянемо тільки один: добуток маси на швидкість – mv раніше називали *кількість руху*, а зараз ця величина називається *імпульс* і позначається як p . Але в теоретичній механіці *кількість руху* таки залишилась і лівий бік рівняння $\Delta p = F\Delta t$ розглядається як *зміна імпульсу*, а правий бік – як *зміна кількості руху*. Не може змінюватись назва характеристики в залежності від того, через які величини вона визначається.

Велика кількість назв для одної характеристики, зовсім не сприяє навчанню. Можливості для спрощення процесу пізнання підказує відомий вислів: «математика – це язык фізики». Можна сказати, що в значній мірі штучні проблеми в фізиці виникають, як це не дивно, через неухвалене відношення до языка математики. Фізики постійно намагаються грати роль перекладача з нього.

Безумовно, існує відмінність математичного і фізичного підходів до аналізу певного явища і вона обумовлена специфікою цих дисциплін. Для математика не потрібне пояснень добуток однієї величини на другу – він **бачить** його зміст. Фізики вимушені прив'язувати математичні результати до реальних процесів, тому вони повинні надати вказаному добутку назву, іноді не зовсім коректну. Але не завжди потрібно шукати додаткових пояснювальних засобів, крім тих, що впливають з математики. Ситуація з визначенням величин у вітчизняній фізиці ще погіршилась в зв'язку з пошуком їх назв українською мовою.

Достатньо багато непорозумінь термінологічного характеру виникає при аналізі фізичних явищ, пов'язаних з використанням похідних різних величин. За загальним поглядом похідна деякої величини f по певному аргументу ε , що є $df/d\varepsilon$, вказує на те, як змінюється f із зміною аргументу. Але фізик повинен дати назву тому явищу, на якій вказує похідна. Так з'явилися *сила електричного струму* – dq/dt , *градієнт температури* – dT/dx , *дисперсія світла* – $dn/d\lambda$, *швидкість руху тіла* – ds/dt , та інші. Слід зауважити, що похідна $d\vec{r}/dt$ також називається *швидкістю*. (В англійській мові ці похідні мають різну назву: перша – *speed*, друга – *velocity*.) Якщо деякі назви, такі як сила електричного струму, цілком виправдані, у значній частині випадків простіше і головне – зрозуміліше надати словесне визначення математичному виразу відповідній похідній.

Дійсно, зміст дисперсії світла розкриває повністю вираз залежність показника заломлення від довжини хвилі світла. Або для градієнта температури – вираз розподіл температури з координатою. Привернемо увагу на те, що користуючись похідною, необхідно вживати іменник, який дає назву поведінці функції по відношенню аргументу. Проте, в деяких випадках його складно підібрати, особливо коли похідна вказує на динамічну характеристику, таку як швидкість, прискорення та подібні. Наприклад, зрозуміло, але безглуздо давати визначення швидкості через вислів: швидкість зростання шляху, або для прискорення – швидкість зміни швидкості. Іноді в таких випадках вживається слово інтенсивність, але більш підходить – бистрота. Це слово цілком відповідає українській мові, як свідчить новий академічний «Російсько-український словник» [1], і такий термін достатньо часто вживається у підручниках при визначенні похідних. Наприклад, швидкість – це бистрота зміни положення тіла [2], або похідна $d\Phi/dt$ вказує на бистроту зміни магнітного потоку [3, 214].

Одним із явищ, теорія яких засвоюється важко, є коливальний рух. При тому, що слухачі розуміють природу коливань, розуміння відповідної термінології не завжди має місце. На погляд автора, причиною цього

є фактори методичного характеру: один – пов’язаний саме з невдалим моделюванням коливань, другий – обумовлений неточним розкриттям змісту похідної, що фігурує в теорії явища.

Для пояснення параметрів рівняння коливального руху у якості приклада часто використовують рух точки по колу. Такий рух дозволяє добре демонструвати результат накладання двох взаємно перпендикулярних коливань. В той же час застосування в розгляді коливального процесу рівняння $y=A \cos \varphi$ для координати точки, що рухається по колу, без відповідних зауважень може створити у слухача плутанину понять. Фаза вводиться як кут $\varphi=\omega t$, а в попередньому матеріалі ω розглядалась як *кутова швидкість*. Тому слухач і в коливальному русі сприймає її такою, але тут вона чомусь називається *циклічною частотою*.

Залучення обертального руху для пояснення коливань поширено у підручниках, назвемо тільки два [4; 5]. В російському виданні [4, 264] фігурує навіть термін «*угловая*» (*кутова*) *частота* для ω . Можливо суперечливо вживати прикметник *кутова*, але послідовно для такого підходу. Чому ж використовується саме термін *частота*, а не *фазова швидкість*, якщо справа йде про фазу? Автор [6] більш обережний і він зовсім не використовує обертальний рух як демонстраційний зразок коливань, а виводить рівняння коливального руху з диференційного рівняння коливань, але все ж таки називає ω *круговою* або *циклічною частотою*. Безумовно, в цих поняттях є логіка, і її слід було для читача розкрити в підручнику.

З цього коротенького огляду стає зрозумілою неоднозначність термінології. Автор вважає, що для опису коливального руху зовсім недоцільно вживати терміни обертального руху, а використання терміну *частота* для ω не відповідає уявленню про похідну.

Зміст ω впливає з відомого розв’язку диференційного рівняння коливального руху, що має вигляд тригонометричної функції

$$y=A \cos (\omega t+\varphi_0). \quad (1)$$

З форми запису аргументу зрозуміло, що ω є характеристикою, що вказує на зміну у часі аргументу функції. В самому розв’язку зовсім не існує ніякого зв’язку аргументу з кутом, тому можна провести аналіз розв’язку в загальному вигляді як деякої функції з відповідними значеннями аргументу.

Запишемо рівняння (1) у спрощеному вигляді

$$y=A \cos x. \quad (2)$$

Спочатку розглянемо випадок, коли аргумент не змінюється з часом, тоді маємо звичайну гармонічну функцію, в якій x являє просто набір значень, продовж яких значення функції повторюється через кожні 2π значень x . Таким чином, аргумент можна представити як $x=2\pi n$, де n

– кількість наборів по 2π в аргументі. Саме n змінюється від 0 до нескінченності.

Якщо рівняння (2) описує коливальний процес, то аргумент повинен залежати від часу, і існує швидкість його зміни:

$$dx/dt = 2\pi \, dn/dt. \quad (3)$$

Значення n вже не є простою послідовністю чисел, потрібно ввести їх прив'язку до часу. Отже, постає необхідність визначення залежності $n(t)$. Характерна величина у вимірі часу коливального руху є період T . Продовж його аргумент змінюється на 2π , що відповідає послідовному зростанню n на одиницю. Одночасно відбувається зміна функції в усьому діапазоні її значень. Така частина процесу зміни аргументу і функції називається циклом коливального руху. Визначення протяжності періоду T є рівнозначним як через періодичність зміни функції [4; 5], так і через періодичність зміни аргументу [6]. Таким чином, кількість значень n аргументу за час t дорівнює t/T , а саме значення x можна записати як

$$x = 2\pi \, t/T. \quad (4)$$

Аргумент тригонометричної функції в рівняннях коливального руху (1,2) називають фазою і позначають φ . Отже, похідна (3) із урахуванням запису аргументу як φ та (1) і (4) набуває вигляду:

$$dx/dt = d\varphi/dt = \omega = 2\pi/T. \quad (5)$$

Таким чином, одержаний вираз $\omega = 2\pi/T$ у відповідності запропонованому вище підходу слід назвати *швидкістю зміни фази*. Вона за виглядом не відрізняється від *циклічної частоти* в [5; 6], але якісний зміст її інший. В запропонованій інтерпретації ω добуток ωt набуває зрозумілого природного змісту – це приріст за час t тої величини, для якої дана похідна, у даному разі – *приріст фази*. Цей висновок співпадає, які повинно бути, з результатом розгляду коливань в інших підходах. Особливість даного підходу полягає в тому, що джерелом динамічного процесу розглядається фаза, і як наслідок він відбувається в функції. Таке тлумачення повністю відповідає математичному уявленню функції.

Введену *швидкість зміни фази* – $d\varphi/dt$ можна було би назвати *фазовою швидкістю*, хоча вона не відповідає звичайним уявленням про швидкість. Фазовою швидкістю взагалі називають швидкість хвилі. Обґрунтованість такого визначення спірна. Поширення коливань є результатом збурення середовища навколо коливної матеріальної точки. Це збурення якраз відповідає величині u в рівнянні (2), і воно поширюється в середовищі завдяки його пружним характеристикам. Якби причиною збурення був би не коливальний рух, а щось інше, то швидкість пересування збурення була б тою самою як у хвилі. Але слід було б говорити про *швидкість даного процесу*. Називати швидкість хвилі *фазовою швидкістю* [6] тільки тому, що у даному разі має місце періодичний процес, безпідста-

вно. У той же час застосування терміну *швидкість хвилі*, як пропонується в [4], не створює ніяких незручностей.

Продовжуючи тему наочного представлення коливань і хвиль, можна запропонувати для їх кращого розуміння таку демонстрацію. Поняття когерентних хвиль та їх інтерференцію і дифракцію можна пояснювати за допомогою двох ланцюжків з однаковими ланками. Для цього добре підходять існуючі в продажу пластмасові барвисті ланцюжки довжиною 1 м. Дві ланки різного кольору поруч моделюють довжину хвилі λ . Поступово змінюючи довжину одного ланцюжка в порівнянні з іншим, просто продемонструвати залежність результату інтерференції хвиль від різниці їх ходу.

Література

1. Російсько-український словник / Анніна І. О., Горюшина Г. Н. та ін. – К. : Абрис, 2003. – 1424 с.
2. Рижов Ю. М. Похідна та її застосування / Рижов Ю. М. – К., 1977.
3. Крот Ю. Є. Загальна фізика : Електрика і магнетизм : навч. посіб. для студентів вищих навч. закладів / Крот Ю. Є., Пастушенко С. М. – К.: Діал., 2006.– 252 с.
4. Зисман Г. А. Курс общей физики : в 3 т. / Зисман Г. А., Тодес О. М. – М. : Наука, 1972. – Т. 1 : Механика, молекулярная физика, колебания и волны. – 339 с..
5. Кучерук І. М. Загальний курс фізики : в 3 т. / Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П.П. – К. : Техніка, 1999. – Т. 1 : Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. – 536 с.
6. Савельев И. В. Курс общей физики : в 3 т. / Савельев И. В. – М. : Наука, 1986. – Т. 1 : Механика. Молекулярная физика. – 432 с.

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНО-ЗНАЧУЩИХ СИСТЕМ У КУРСІ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ДЛЯ НЕФІЗИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

В.В. Фоменко

м. Кіровоград, Державна льотна академія України
vfom@ukr.net

Курс загальної фізики для нефізичних спеціальностей вищих закладів освіти закладає основу фундаментальної природничої освіченості майбутнього спеціаліста, формує фізичний світогляд особистості, утворює фундаментальний фізичний ґрунт для подальшого вивчення фахових дисциплін. Разом із тим, змістовна різноманітність курсу фізики як навчальної дисципліни дозволяє ставити та вирішувати задачі, які стосуються не тільки власне фізичної фундаментальної освіти, а й питання забезпечення її спрямування на майбутній фах та фахову діяльність спеціаліста.

Але, слід зазначити, що положення про необхідність у сучасних умовах суттєвого фахового акцентування фізичної освіти для нефізичних спеціальностей не завжди адекватно сприймається як провід до дії практикою фізичної освіти, не є систематично втіленим у відповідні навчальні курси загальної фізики для цих спеціальностей. Так, існує думка (див., наприклад, [1]), згідно з якою фахова спеціалізація курсу вважається не виправданою, і курс загальної фізики має бути стандартизованим за змістом та об'ємом у границях бакалаврату незалежно від конкретики спеціальності. В сучасних умовах результатом подібних підходів є зменшення ролі та значимості фізичної освіти у системі підготовки фахівців з нефізичних спеціальностей, а також, зменшення інтересу з боку студентів до вивчення фізики як навчальної дисципліни. Як справедливо зауважено у [2, 187], «...головна, залежна від методики навчання (а не від об'єктивних для вузу факторів) причина (низької зацікавленості більшості студентів у вивченні фізики – *В.Ф.*), є у тому, що у вивченні фізики, що викладається традиційним способом, студенти не вбачають практичного для себе сенсу». На нашу думку, однією з причин цього становища є те, що роль та місце фізики у описі конкретних професійно значущих природних та технічних систем, зв'язок фізичної освіти з майбутньою професійною діяльністю фахівця у курсах фізики відображаються у заявах переважно узагальнено-декларативного характеру (фізика – фундаментальна наука, робота усіх технічних пристроїв базується на певних фізичних законах і т. п.), майже за відсутності систематичної презентації цих питань у курсі в явному вигляді. Це призво-

дить до того, що в уяві студентів, набуття фізичної освіченості майже ніяк не пов'язується з набуттям фундаментальних передумов фахової компетентності та з практично-фаховою діяльністю, а фізика як навчальна дисципліна суб'єктивно не видається у цьому аспекті практично значимою. Це означає, що фахова орієнтація курсу фізики, яка створює певне «мотиваційне тло» [3, 190] стосовно вивчення фізики, є важливою умовою сучасної фізичної освіти для нефізичних спеціальностей.

Крім того, як свідчить досвід роботи, фізичні аспекти фахових питань, які розглядаються у курсі загальної фізики, відіграють роль своєрідного модулятора основного фізичного матеріалу, що, призводить до значної активізації пізнавальної діяльності студентів, у тому числі і стосовно цього основного матеріалу [4]. При цьому «якщо подібні збагачення синтезуються з фізичним матеріалом і будуються на основі занурення студентів у проблемну ситуацію, збудження емоцій, асоціацій і т.д., то основний і додатковий матеріал, так би мовити, “інтерферують”, взаємно підсилюють один одного стосовно сприйняття» [5, 64]. На думку С.Д. Ханіна, професійна орієнтація курсу має здійснюватися на шляхах акцентування уваги студентів на професійно значущих для них розділах фізики, включення у зміст освіти практично-орієнтованих задач, в розв'язанні яких розкривається взаємозв'язок фізики і галузі спеціалізації, постановки спецкурсів та практикумів по застосуванню фізичних методів у професійній діяльності. Однак, при цьому не можна допускати надмірної «професіоналізації» курсу загальної фізики, збіднення фундаментальної складової курсу, порушення його єдності та внутрішньої цілісності [6, 251].

Аналіз публікацій з цих питань дозволяють зробити висновок про актуальність у сучасних умовах такої організації фізичної освіти для нефізичних, і, зокрема, авіаційних спеціальностей і такого її змістового та методичного наповнення, які б наблизили б її до потреб фахової підготовки. У зв'язку з цим виникає проблема такої орієнтації курсів загальної фізики для нефізичних спеціальностей, яка б, при забезпеченні фундаментальності та цілісності фізичної освіти на рівні вимог базової вищої освіти, заклала б певні основи професійної підготовки майбутнього спеціаліста, формування його професійно-значущої «функціональної поведінки» та професійної компетентності.

Як показує аналіз, для невеликих за обсягом курсів, подібних до курсу загальної фізики ДЛІАУ, відокремлення фахово-спрямованого фізичного матеріалу від основного матеріалу курсу є недоцільним, і фаховий матеріал має входити до курсу фізики як певна, невідокремлена у часі його складова. Ця досягається шляхом створення в курсі *професійно-прикладного контексту на ґрунті фізичного моделювання професійно*

значущої частини реальності, тобто, моделювання професійно-значущих природних та штучних систем, процесів та явищ, основою якого виступають базисні та часткові ідеальні навчальні фізичні моделі курсу. Це надає курсу загальної фізики вираженої фахової спрямованості.

Здійснення фахової орієнтації курсу на ґрунті навчального фізичного моделювання професійно-значущих систем, процесів та явищ має забезпечувати:

- наскрізну онтологічну єдність загально-фізичного та фахово-прикладного матеріалу курсу, за якою фаховий матеріал природно вплітається у фізично-модельний зміст і складає єдине ціле із загально-фізичним та фізично-світоглядним матеріалом курсу;
- гносеологічну цілісність курсу, оскільки навчальна презентація як загально-фізичного, так і фахово-орієнтованого матеріалу відбувається за однотипними гносеологічними підходами (модельне пояснення та інформативний опис);
- навчально-методичну єдність курсу, оскільки викладання фахово-акцентованого матеріалу за цих умов не потребує застосування окремих методичних підходів, відмінних від тих, що використовуються при викладанні загального матеріалу;
- створення мотивації на вивчення студентами усього матеріалу курсу, а не тільки його фахово-акцентованих фрагментів;
- створення умов розуміння безпосередньої практичної (і, у тому числі, фахової) значимості фізичної науки і фізичної освіти.

Фізичне моделювання професійно-значущої частини реальності в навчальному курсі здійснюється:

- у вигляді кількісного *модельного пояснення* на ґрунті навчальних базисних та часткових навчальних фізичних моделей систем, а також, моделей відповідних процесів та явищ, що відбуваються у цих системах;
- шляхом фахово-акцентованого модельного *інформативного опису* на якісному рівні на ґрунті відповідних модельних уявлень.

Фахова (авіаційна) орієнтація матеріалу курсу загальної фізики на ґрунті модельного пояснення передбачає:

- змістовне забезпечення фізичної аксіоматики, необхідної для вивчення фахових дисциплін, встановлення та презентація студентам змістовних, значенневих та інших зв'язків між елементами змісту курсу загальної фізики та відповідними питаннями курсів спеціальних дисциплін, уніфікація понятійного апарату, термінології, позначень з відповідними аналогами, що використовуються у курсах фахових дисциплін;
- кількісний розгляд фізичних закономірностей природних та шту-

чних професійно-значущих систем, а також, процесів та явищ, що у них протікають у якості часткових модельних задач, що формулюються на ґрунті базисних та часткових моделей та відповідних ним понять та законів;

- фахову орієнтацію фізичного практикуму – вибір розрахункових задач для практичних занять по курсу, завдань для контрольних та лабораторних робіт і т.п., таких, що мають прямий зв'язок з професійною та практичною підготовкою та професійною діяльністю фахівця з відповідної спеціальності.

Практика викладання курсу свідчить, що наведені положення значною мірою перекриваються і, у цілому, можуть бути реалізовані на ґрунті системи базисних і часткових ідеальних навчальних фізичних моделей систем та відповідних ним моделей процесів та явищ по модулях «Механіка» [7], «Молекулярна фізика і термодинаміка» [8], «Електрика та магнетизм» [9] та ін. Наприклад, на ґрунті базисної моделі класичної частинки проводяться розрахунки параметрів руху літака злітною смугою під час злету або приземлення, час виконання розвороту тощо. Базисна модель системи частинок використовується для розрахунку розташування центру мас літака в залежності від розташування вантажу. Модель газу Менделєєва-Клапейрона є основою визначення залежності швидкості відриву літака від злітної смуги від тиску та температури повітря. Часткова модель електричного поля, створеного поблизу зарядженої металевої поверхні, дозволяє кількісно оцінити електричний заряд, що може накопичитися на поверхні літака під час польоту, часткова модель ізотермічної атмосфери дозволяє виявити кількісний зв'язок між тисками на різних висотах за умови невеликої різниці висот та ін.

Однак, для більш повного забезпечення фізичної аксіоматики фахових дисциплін іноді виявляється необхідним введення додаткових часткових моделей. Так, наприклад, у курсі фізики ДЛАУ передбачено розгляд часткової моделі частинки, що обмінюється речовиною та імпульсом з оточуючим середовищем, і на базі цієї моделі – розгляд задачі на розрахунок сили тяги авіаційного турбореактивного двигуна. Відповідна формула сили тяги відіграє аксіоматичну роль для дисципліни «Теорія теплових двигунів».

Фахове спрямування фізичного матеріалу курсу на ґрунті інформативного модельного опису здійснюється у випадках, коли цей опис:

- є доцільним, обґрунтованим і на якісному рівні розглядає актуальні у професійно-прикладному аспекті питання;
- базується на розглянутих у курсі базисних або часткових моделях;
- сприяє збагаченню уявлень про застосовність відповідних фізичних закономірностей у описі професійно-значущих систем, проце-

сів та явищ;

- з причин складності реальної системи, що розглядається, громіздкості математичних розрахунків і т. п. не може бути проведений кількісно.

В курсі фізики ДЛАУ фахово-орієнтований модельний інформативний опис проводиться з питань:

- системи координат, що використовуються у авіації (зокрема, у процесах управління повітряним рухом);
- фізичний механізм дії вільного гіроскопу як засобу орієнтації;
- роль сили Коріоліса, обумовленої обертанням Землі навколо власної вісі, у формуванні циклонів та антициклонів у атмосфері;
- фізичний механізм вимірювання повітряної швидкості польоту;
- аеродинамічні сили, що діють на крило літака у польоті;
- зв'язок моделі ізотермічної атмосфери та Міжнародної стандартної атмосфери;
- фізичний механізм барометричного вимірювання висоти польоту;
- роль адіабатичних процесів у формуванні та розвитку хмар у приземному шарі атмосферного повітря;
- поняття про цикл Брайтона в авіаційних двигунах;
- причини значно меншого значення фактичного ККД авіадвигуна у порівнянні зі значенням ідеального термодинамічного ККД;
- фізичний механізм грозозахисту літаків і захисту від накопичення значного електричного заряду на літаку;
- магнітне поле Землі та його особливості, суттєві для задач магнітної орієнтації;
- фізично-модельний механізм гасіння вертикальних коливань літака у процесі пробігу після посадки;
- фізичний механізм роботи доплерівського вимірювача швидкості та кута зносу;
- залежність відбивання радіолокаційних хвиль від поверхні землі від напрямку поляризації хвиль;
- фізичний механізм виникнення міражів (у тому числі і радіолокаційних) в атмосфері та ін.

Як свідчить досвід роботи, розгляд цих питань у курсі фізики суттєво підвищує зацікавленість до його вивчення з боку студентів, оскільки наочно демонструється значення фізики не тільки як складової фундаментальної освіти, а й як складової фахової підготовки майбутнього спеціаліста.

Література

1. Васильев А. М. Курс общей физики в техническом университете

на современном этапе / Васильев А. М., Векленко Б. А., Детлаф А. А., Касьянов В. А. // Физическое образование в вузах. – 1995. – Т. 1. – №1. – С. 17-24.

2. Ханин С. Д. Методологические аспекты физики и проблемы естественнонаучного образования / Ханин С. Д. // Физика в системе современного образования (ФССО–03) : труды седьмой Междунар. конф. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2003. – Т. 1. – С. 185-187.

3. Ткачева Т. М. Роль физики в системе фундаментальной подготовки инженера / Ткачева Т. М., Сазонова З. С., Четчикова Н. В. // Физика в системе современного образования (ФССО–05) : матер. восьмой междунар. конф. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2005. – С. 189-192.

4. Верещагин И. К. Учет специализации студентов в курсе общей физики / Верещагин И. К., Никитенко В. А., Кокин С. М., Пауткина А. В., Селезнев В. А. // Физическое образование в вузах. – 1996. – Т. 2. – №2. – С. 63-67.

5. Айзензон А. Е. Целостный подход к обучению физике в системе военно-инженерных вузов / Айзензон А. Е. // Физика в системе современного образования (ФССО–99) : тезисы докладов. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 1999. – Т. 1. – С. 64-65.

6. Ханин С. Д. Физическое образование студентов естественнонаучных специальностей в условиях модернизации образования / Ханин С. Д. // Физика в системе современного образования (ФССО–05) : матер. восьмой междунар. конф. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2005. – С. 251-252.

7. Фоменко В. В. Відображення модельного характеру фізичного знання у модулі «Класична механіка» загального курсу фізики для нефізичних спеціальностей / Фоменко В. В. // Зб. наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету. – Серія педагогічна. – Вип. 12 : Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника в світлі сучасної освітньої парадигми. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський державний університет, редакційно-видавничий відділ, 2006, – С. 86-88.

8. Фоменко В. В. Навчальне фізичне моделювання у модулі «Основи статистичної фізики і термодинаміки» курсу загальної фізики для нефізичних спеціальностей / Фоменко В. В. // Наукові записки. – Випуск 72. – Серія : Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2007. – Частина 1. – С. 229-235.

9. Фоменко В. В. Ідеальні навчальні фізичні моделі модулю «Електрика і магнетизм» курсу загальної фізики для нефізичних спеціальностей / Фоменко В. В. // Актуальні проблеми викладання та навчання фізики у вищих освітніх закладах : матер. III міжнар. науково-методичної конф. (Львів, 8-9 жовтня 2009 р.). – Львів : Ліга-Прес, 2009. – С. 250-257.

ГУМАНІТАРНІ АСПЕКТИ ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ СТУДЕНТІВ

В.І. Цоцко

м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський державний аграрний
університет
dsau@dsau.dp.ua

Слово «студент» означає «той, хто навчається». Студенти здобувають знання, зафіксовані, перевірені, накопичені багатьма поколіннями, і намагаються застосувати їх відповідно до тих питань, які ставить перед ними життя із сучасними вимогами, проблемами, протиріччями. Сукупність знань стає дієвим інструментом для перетворення дійсності лише при високій системності накопиченої інформації, глибокій осмисленості її. Яка ж роль фізики в формуванні світогляду студента і розвитку його особистості? Іншими словами, чому, крім спеціалізованих понять та законів, може навчити фізична наука уже практично сформовану, але ще достатньо допитливу людину?

Фізика вивчає елементарні форми руху та елементарну структуру матерії – прості закономірності, прості зміни в явищах природи. Фізика, як найбільш фундаментальна наука, найбільш всеосяжна із всіх наук про природу, є, разом із тим, і найпотужнішим джерелом знань. Тобто фізика не тільки найбільший банк екстенсивних знань про оточуючий світ, а й конденсатор глибинної, найінтенсивнішої інформації про природу. За більш ніж 2000 р., від Аристотеля і Архімеда – до Ейнштейна і Фермі, особливо за останні 200 р. фізичне знання вдалось акумулювати в невелику кількість законів, які підсумовують проведену роботу пересічних і видатних дослідників. За даними Ю.А. Храмова [1, с. 3] до еліти фізиків можна віднести близько 1200 чоловік – 1 дослідник на 2 роки! Жодна наука не може конкурувати за цим показником з Її Величністю Фізичною Наукою! Наукою надвисокого рівня розвитку, яку без купюр можна назвати інтелектуальним продуктом цивілізації, родючим шаром культури, невиснажним джерелом нових ідей і технологій. Становлення фізичної науки є яскравим прикладом знаменитого тезису К. Маркса про те, що люди роблять історію. Вже зрозуміти їх – означає стати на рівних. А запропонувати щось нове, оригінальне в контексті розгадки закодованих викликів природи, бути причетним до справи людства в цілому, – наповнює окреме швидкоплинне життя однієї особистості значущістю, сенсом. Разом з тим, у такий спосіб здійснюється закон руху вже неелементарної матерії – конкурентна боротьба за існування шляхом удосконалення. Фізики кажуть – зміна стану відповідає зміні обставин.

Ознака фізичного методу дослідження полягає у виявленні простих

змін в явищах природи та чіткій їх фіксації. Акцентується елементарність в кожному фрагменті спостереження – чи природному, пасивному, чи у спостереженні штучному, активному, – шляхом досліду. Суть фізичного методу складає, власне, порівняння, вимірювання. В ньому відображена ключова ідея фізики – ідея елементарності. Лише прості особливості, однозначні характеристики об'єктів піддаються точному порівнянню. Фізичні методи вимірювання та вимірювальні прилади побудовані на строгих функціональних принципах, відповідно до елементарних законів природи. Тому фізичне вимірювання досягає найвищої досконалості, воно найбільш точне та оперативне. Інші природничі науки активно використовують фізичні методи та прилади, адаптуючи їх до своїх потреб.

«Елементарна мова» природи, – фізична наука, – пронизана кількома провідними ідеями, які відіграють роль камертонів, що вирізняють чисті тони поміж фальшивих і настроюють інструмент на гармонійний лад. Що ж це за ідеї, і як вони можуть вплинути на особистість?

Ідея елементарності. Будь-яку задачу під силу розв'язати, якщо розділити її на прості реальні завдання і послідовно рухатись до кінцевої мети. Всього можна досягти. Вказана ідея формує оптимістичне ставлення до життя, налаштовує на творчий, креативний підхід до вирішення проблем, які постають перед особистістю.

Причинно-наслідковий зв'язок між подіями. Кожній події передують причина, що її зумовлює. Постулюється функціональний зв'язок між результатом і сукупністю параметрів, що обумовлюють цей результат, – аргументів. В даному контексті всі науки, весь реальний світ – фізика. Принцип причинно-наслідкового зв'язку формує активне відношення до дійсності, стимулює до активного впливу на оточуючий світ, закликає до боротьби.

Симетрія. Ідея симетрії та пов'язані з нею закони інваріантності відповідних фізичних величин або властивостей простору-часу відображають розвиток природи в напрямку гармонійності, досконалості, краси. Симетрія взагалі означає рівність в цілому. Вона не тільки естетично приваблива, але й відображає історичний процес прагнення людства до рівності прав, можливостей, свободи.

Принцип додатковості. Відповідно до даного принципу, система знань більш високого рівня повинна включати в себе попередній рівень знань, як окремих випадок нового знання, узгоджуватись із ним. В процесі пізнання кожного нового покоління обов'язково відбувається повтор, багато що, – майже все, – уже було. Необхідно робити висновки, щоб повторювання йшло на новому, більш високому рівні.

Як же навчати, щоб навчити? Гіббонс сказав, що навчання рідко

приносить плоди кому-небудь, крім тих, хто схильний до нього, але їм воно майже не потрібне.

І все ж. Щоб здобути знання не розросталось як мокрий сніжний ком, воно повинне спресовуватись, сублімуватись, перетворюватись в контексті вимог часу. Відповідно потрібно змінювати форму і шляхи навчання, щоб не відставати, бути цікавим і сучасним. Автором запропонований [2, с. 332-334] метод діалогового викладання фізики, згідно з яким заняття проводять два викладача, що подають матеріал у формі діалогу, полеміки, критики, доповнення. При цьому підвищується виразність, інтенсивність заняття, досягається адекватність викладання темпу і насиченості сучасного життя. На телебаченні така форма подачі інформації вже давно завоювала право на існування.

В науці весь час відбувається дивний процес своєрідного спрощення, який дозволяє просто та коротко викласти те, що колись потребувало багато років роботи. Відомий оригінальний метод «занурення в знання» студентів перед іспитом, коли один студент вивчає одне питання, а інший – друге, а потім стисло передають один одному «переварену», осмислену інформацію. Тільки про те, що дійсно розумієш, можеш сказати коротко, просто, «фізично». Покійний ректор Дніпропетровського державного аграрного університету М.Т. Масюк любив повторювати, що справжня лекція повинна бути «точною як постріл».

Зараз набувають поширення ідеї дистанційного навчання, Інтернет-технології, мультимедійні засоби подання знань. Чи виживе в цих умовах лекція? Відомо, що найвищий відсоток інформації людина сприймає зоровим аналізатором. Але найважливіші сигнали надходять через слух. Слухова інформація краще та швидше сприймається і засвоюється. Мова – найтонший інструмент впливу на людину, засіб формування найглибшого знання. Від елементарних новин, до фундаментальних відкриттів, – не обійтись без мовного супроводження, кваліфікованого коментарію. Мова – найкоротша дорога до свідомості.

На думку Нобелівського лауреата Р. Фейнмана [3, с. 15], найкраще розв'язання проблеми освіти – це зрозуміти, що особисте спілкування між учнем і учителем, коли обговорюються ідеї, відбувається обмін думками, в реальному часі розгортається процес осмислення, роздумування в середовищі доброзичливої критики, і є найкраще навчання. І у лекції є майбутнє.

Цікаво, що у видатних вчених майже не буває видатних учнів. Видатний вчитель – це дещо інше.

Література

1. Храмов Ю. А. Физики : биографический справочник / Храмов Ю.

А. – М. : Наука, 1983. – 400 с.

2. Цоцко В. І. Деякі аспекти діалогового викладання фізики / Цоцко В. І. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2002. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – С. 332-334.

3. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике / Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. – М. : Мир, 1976 . –Том 1. – С. 15.

АБСОЛЮТНЫЙ НУЛЬ ТЕМПЕРАТУР В КОНТЕКСТЕ II-ГО И III-ГО НАЧАЛ ТЕРМОДИНАМИКИ

В.И. Цоцко¹, А.И. Денисенко²

¹ г. Днепропетровск, Днепропетровский государственный аграрный университет

² г. Днепропетровск, Национальная металлургическая академия Украины

ADenysenko@mail.ru

Абсолютный нуль температуры рассматривается как наиболее низкая температура макроскопической системы в состоянии термодинамического равновесия. Абсолютный нуль служит естественной точкой отсчета для различных температурных шкал, например Кельвина, Ранкина и др., которые поэтому и называются абсолютными. Существование абсолютного нуля температур обуславливается уравнением состояния макроскопического тела и вторым началом термодинамики.

В термодинамике температура вводится как внутренний интенсивный параметр макросистемы, характеризующий переход системы в состояние термодинамического равновесия. При достижении системой термодинамического равновесия температура в различных частях макросистемы выравнивается и остается неизменной.

Температура в молекулярно-кинетической теории вещества рассматривается как средняя кинетическая энергия микрочастиц данного вещества. В наиболее простой модели вещества, – идеальном газе, – понятие температуры обобщается до средней энергии частицы в целом, поскольку потенциальная энергия взаимодействия частиц на расстоянии отсутствует.

Согласно теореме Карно, коэффициент полезного действия (КПД) тепловой машины, работающей по обратимому квазиравновесному циклу (циклу Карно), состоящему из двух изотерм и двух адиабат (сжатия и расширения), не зависит от вещества рабочего тела и конструкции машины, а определяется лишь температурами нагревателя (первая изотерма) и холодильника (вторая изотерма). Вильям Томсон (лорд Кельвин) показал, что из теоремы Карно следует возможность создания температурной шкалы (термодинамической температуры) также не зависящей ни от термометрического вещества, ни от устройства термометра. Построение термодинамической шкалы температур θ связано с соотношением:

$$\theta_2/\theta_1=Q_2/Q_1,$$

где Q_1 и Q_2 – количества теплоты, получаемые от нагревателя и отда-

ваемые холодильнику рабочим телом при соответствующих температурах θ_1 и θ_2 .

Кельвин также доказал тождественность термодинамической шкалы температур и идеальной газовой шкалы (температуры по Кельвину – Т), формируемой с применением термического уравнения состояния идеального газа. Экспериментальные значения термического коэффициента объемного расширения и термического коэффициента давления $\frac{1}{273} \text{K}^{-1}$ подводят к выбору нуля (абсолютного нуля) идеальной газовой шкалы температуры: $pV=0; (p=0) \rightarrow T=0$, где p и V – давление и объем идеального газа.

Современное доказательство теоремы Карно полностью основывается на II-ом начале термодинамики [1, с. 97–99], хотя наглядно ее результат можно продемонстрировать на базе уравнения состояния идеального газа [2, с. 262–266], а также понятий количества переданной теплоты и макроскопической работы.

Классическая физика определяет прекращение атомно-молекулярного движения при абсолютном нуле. Квантовая физика, в соответствии с принципом неопределенности, говорит о наличии при абсолютном нуле движения частиц, из которого состоит тело. Ему соответствует минимальная энергия, которая не может быть отнята от тела никакими способами, если остаются постоянными объем и другие внешние параметры, определяющие состояние тела, – нулевая энергия. Поэтому абсолютный нуль может быть определен, как такая температура, при которой в теле прекращается тепловое движение и остается только движение, связанное с нулевой энергией. Это движение уже не является тепловым, оно имеет внутрискруктурную природу.

Из II-го начала термодинамики следует, что термодинамическая температура не может менять знак, ниже абсолютного нуля температуры тело охладить невозможно, т.е., самая низкая возможная температура – нуль по любой абсолютной шкале.

В квантовой статистической физике вводится понятие состояния с «отрицательной» абсолютной температурой, которая отражает инвертированное неравновесное состояние системы, что не противоречит термодинамике – теории равновесных состояний.

Согласно III-го начала термодинамики [3, с.193], обычно именуемого как тепловая теорема Нернста, в равновесных термодинамических системах при стремлении температуры к абсолютному нулю стремится к нулю и изменение энтропии системы. В «усиленной» интерпретации Планка к нулю стремится и сама энтропия S :

$$S \rightarrow 0 |_{T \rightarrow 0}.$$

Равенство нулю энтропии согласуется и с классической формулой

Больцмана

$$S = k \ln W,$$

где k – постоянная Больцмана, W – термодинамическая вероятность (статистический вес) системы, и с квантовой природой реальных систем, в которых при абсолютном нуле энергия принимает наименьшее значение, что соответствует определенному единственному состоянию системы с термодинамической вероятностью, равной единице.

Из III-го начала следует невозможность достижения абсолютного нуля температур, и это следствие часто принимают за само начало.

Доказательство данного следствия сводится к сравнению второго и третьего начал термодинамики. Если провести цикл Карно с нулевой изотермой, то, по третьему началу, за цикл будет получено ненулевое приращение энтропии, что противоречит второму началу, где утверждается о неизменности энтропии при проведении цикла Карно. Указанное противоречие разрешается принципом недостижимости абсолютного нуля температур, к которому можно лишь асимптотически приближаться. В доказательстве используется понятие энтропии как функции состояния системы и количественной характеристики адиабатического процесса.

Из теоремы Карно, в доказательстве которой заложено второе начало термодинамики, следует, что КПД тепловой машины, работающей по обратимому квазиравновесному циклу Карно η_i , выражается через температуры нагревателя T_1 и холодильника T_2 следующим соотношением:

$$\eta_i = 1 - T_2/T_1.$$

Согласно второй теореме Карно, в доказательстве которой также заложено второе начало термодинамики, КПД тепловой машины, работающей по необратимому циклу, состоящему из двух изотерм и двух адиабат, всегда меньше КПД машины, работающей по обратимому циклу Карно η_r , при тех же значениях температур нагревателя и холодильника:

$$\eta_r < \eta_i = 1 - T_2/T_1.$$

Поскольку КПД любой тепловой машины

$$\eta = 1 - Q_2/Q_1$$

по второму началу термодинамики всегда меньше единицы:

$$\eta < 1,$$

и это утверждение справедливо как для неравновесных, так и для равновесных процессов, то даже для идеального циклического процесса – цикла Карно получаем:

$$1 - T_2/T_1 < 1 \rightarrow T_2 \neq 0.$$

– гарантированное недостижение абсолютного нуля температур в произвольных циклических термодинамических процессах.

Можно возразить, что данное утверждение касается только циклических процессов – но такие же процессы использованы и в доказательстве аналогичного результата из третьего начала. Второе возражение можно связать с реальной неквазистатичностью процессов, тем самым ограничить рамки действия второго начала, что противоречит опытным фактам. Вывод один – недостижимость абсолютного нуля температур следует уже из второго начала термодинамики. Значение третьего начала ограничивается другими важными следствиями: поведением термических коэффициентов при $T \rightarrow 0$, вычислением энтропии и поведением теплоемкостей при $T \rightarrow 0$, предсказанием вырождения идеального газа при низких температурах.

Принцип недостижимости абсолютного нуля вытекает из невозможности построения вечного двигателя II-го рода, а в контексте III-го начала его можно сформулировать как принцип недостижимости нулевой энтропии, абсолютного порядка, остановки теплового движения. Движение нельзя исчерпать до конца. Неуничтожимость движения микрочастиц связана в исходных идеях квантовой механики с принципом неопределенности Гейзенберга, и в общефилософском плане – с бесконечностью движущейся материи.

Литература

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Термодинамика и молекулярная физика / Сивухин Д. В. – М. : Наука, 1979. – 552 с.
2. Кікоїн І. К. Молекулярна фізика / Кікоїн І. К., Кікоїн А. К. – К. : Радянська школа, 1968. – 476 с.
3. Базаров И. П. Термодинамика / Базаров И. П. – М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. – 292 с.

ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ЯК ОДИН ІЗ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ У ВНЗ

І.В. Чернець

м. Харків, Харківський державний університет будівництва та
архітектури

3dclone@rambler.ru

Сучасний стан вищої освіти характеризується тим, що в більшості індустріально розвинених країн, у тому числі і в Україні, здійснюється реформування системи професійної підготовки кадрів з метою забезпечення економіки фахівцями, здатними працювати в умовах інформаційного суспільства, готовими освоювати і розвивати новітні технології. У зв'язку з цим визначальними компонентами професійної компетентності виявляються здібності особистості до саморозвитку та самореалізації, засновані на фундаментальній і багатоваріантній освіті, в якій пріоритет надається творчості та інноваціям.

У даній статті автором освітлені методичні дослідження викладачів кафедри фізики Харківського державного технічного університету будівництва і архітектура (ХДТУБА), які сприяють формуванню у студентів вказаних складових професійної компетенції, що відповідають вимогам сучасного виробництва та суспільства. Наш багаторічний досвід науково-педагогічної роботи дозволяє стверджувати, що основу сучасного навчально-пізнавального процесу повинно становити не лише засвоєння знань, а й опанування студентами способів цього засвоєння та формування в них потреби до активної пізнавальної діяльності, тобто переміщення студентів з позиції об'єкту навчання на позицію суб'єкту навчання.

Проведені теоретичні дослідження (Я.О. Ваграменко, А.А. Кузнецов, Ю.І. Машбиць, Є.С. Полат, І.В. Роберт, В.В. Рубцов, О.К. Тихоміров та ін.) та пілотажне вивчення застосування інноваційних педагогічних технологій у вищій професійній освіті свідчать про те, що найбільш ефективними для організації навчально-пізнавального процесу, який сприяє формуванню у студентів вказаних компетенцій та здібностей, є методики навчання, засновані на інформаційно-комунікаційних технологіях (ІКТ), оскільки саме вони здатні забезпечити індивідуалізацію навчання, адаптацію пізнавального процесу до здібностей, можливостей і інтересів студентів, розвиток їх самостійності і творчості, доступ до нових джерел навчальної інформації, використання комп'ютерного моделювання процесів та об'єктів, що вивчаються.

Використання інформаційно-комунікаційних технологій істотно

розширює склад і можливості ряду компонентів освітнього середовища. Наприклад, істотно розширюється доступ студентів до джерел навчальної інформації. Так, поряд з традиційними носіями теоретичної інформації (підручникам, навчально-методичними посібниками та ін.), вони мають змогу користуватися електронними базами даних і інформаційно-довідковими системами, електронними підручниками і енциклопедіями, ресурсами Інтернету. Як інструменти навчальної діяльності використовуються комп'ютерні тренажери, контролюючі програми, як засоби комунікацій – локальні комп'ютерні мережі або Інтернет. Включення комп'ютерів у навчальний процес змінює роль засобів навчання, які використовуються під час викладання різних дисциплін.

Отже, завдяки застосуванню інформаційно-комунікаційних технологій можна говорити про формування багато в чому нового середовища навчання – інформаційно-освітнього, завдяки якому центром навчання стає особистість студента – його мотиви, цілі, психологічні особливості. Всі методичні рішення (структурування навчального матеріалу, форми і методи організації навчально-пізнавального процесу) заломлюються крізь призму особистості студента – його потреб, здібностей, активності, інтелекту.

В останні роки зусиллями ряду вітчизняних та закордонних учених створені наукові і методичні основи розвитку інформаційно-комунікаційного освітнього середовища (ІКОС). Проте їх аналіз розкриває і ряд суперечностей. Основне з них пов'язане з тим, що в значній більшості робіт головною передумовою досліджень виступає не стільки вивчення потреб розвитку освітнього процесу, скільки орієнтація на можливий дидактичний потенціал засобів ІКТ. В результаті цього використовуються ті самі можливості ІКТ (підвищення наочності, оперативний контроль, тренінг типових умінь, підвищення інтерактивності), які «лежать на поверхні», які найпростіше реалізуються. Їх реальна педагогічна ефективність, як правило, не оцінюється, оскільки вважається очевидною. Справедливість такого висновку підтверджується, наприклад, аналізом розподілу вже розроблених електронних освітніх ресурсів [1].

Ефективне навчання фізики передбачає організацію освітнього процесу, який ґрунтується на особливостях даної науки і сприяє досягненню освітніх цілей. Важливим чинником досягнення цілей фізичної освіти є необхідність удосконалення системи всіх компонентів навчального процесу, орієнтованої на формування і розвиток особистості. З цієї точки зору традиційний підхід до навчання фізики у ВНЗ має ряд обмежень, сутність яких полягає у такому:

- спілкування викладача і студентів під час практичної і експери-

ментальної роботи строго регламентоване розкладом занять і консультацій;

- ускладнена перевірка результатів індивідуальної роботи, зокрема, розв'язання задач, що спричинило зростання відношення числа студентів до викладачів і обсягу завдань, що виносяться на самостійне опрацювання;
- мають місце труднощі, пов'язані з організацією повторного проведення проміжного і підсумкового контролю знань, особливо для студентів першого курсу, які вивчають таку складну для розуміння дисципліну як фізика. З одного боку, кількість спроб виконання контрольних робіт повинна бути обмежена, а з іншого – студентам бажано дати можливість самостійно розібратися в матеріалі, що вивчається, задовольнивши вимоги робочих програм, або поліпшити свій результат.

Вирішення таких проблем навчання істотно спрощується при використанні потенційних можливостей інформаційно-комунікаційних технологій та інформаційно-комунікаційного середовища [2]. Однак при цьому, на думку авторів, досить велике значення має особливий підхід до організації змісту навчального матеріалу, що використовується в електронному середовищі.

Розглянемо запропоновані автором механізми формування змісту електронного ІКОС для студентів, які вивчають курс фізики, на кафедрі фізики ХДТУБА. ІКОС утворює змістовий модуль, який представлений в електронному вигляді і сформований на базі розробленого на кафедрі комплексу дидактичних матеріалів: модуль віртуальних лабораторних робіт [3], модуль розрахунково-графічних завдань [4], а також контролюючий модуль для визначення результатів пізнавальної діяльності студентів щодо засвоєння теоретичного матеріалу теми.

Дидактичні особливості формування змістового модуля полягають у такому:

1. Електронний навчальний посібник не повинен повторювати звичайний підручник, хоча їх змістовна частина і структура матеріалу, що викладається, зобов'язані бути ідентичними. Електронний посібник повинен доповнювати традиційний підручник, надаючи студентам нові можливості в здобутті і обробці інформації. Способи подання матеріалу і діалогу між суб'єктами освітнього процесу мають бути різнобічними і передбачати використання можливостей ІКТ у всіх формах навчання;

2. Електронний теоретичний курс повинен чітку структуру та складатися з основної та варіативної частин. Зміст основної частини – це основні фізичні закони та положення окремого розділу, які передбачені освітньо-професійною програмою для даної спеціальності. Варіативна частина, згідно з нашими методичними розробками, містить спеціальні

додатки, які освітлюють питання, пов'язані з прикладним використанням фізичних явищ [5].

Крім цього, згідно з тим, що починаючи з 2003 року в нашому університеті введено кредитно-модульну організацію навчального процесу, інформаційне наповнення змістовної частини ІКОС представлено у вигляді модулів. Модулі – це логічно завершені частини, які дозволяють чітко зафіксувати етапи навчання і організувати на їх основі управління навчальним процесом. Складові частини модулів пропонують студентам різні види діяльності. Як правило, кожен модуль складається з основних теоретичних відомостей, що доповнені відеофрагментами лекційних демонстрацій і віртуальними демонстраційними експериментами, інтерактивне опитування з теорії, розгляд розв'язань практичних прикладів і типових завдань, завдання для самостійної роботи, завдання підвищеної складності, комп'ютерні лабораторні роботи і дистанційні контрольні роботи тощо.

Змістова частина курсу сформована на основі матеріалів різного рівня складності. Обов'язково присутній базовий рівень, відповідний вимогам освітніх стандартів, і поглиблений (профільний), який вимагає від студентів більш повних і системних знань з предмета. Зокрема, при відборі завдань для студентів інженерних спеціальностей доцільно обмежитися ілюстрацією використання загальних і окремих фізичних законів при вирішенні прикладних питань, навчити студентів розв'язувати типові задачі різними методами, продемонструвати методологічні можливості фізичної науки. Завдання підвищеної складності, що вимагають творчого підходу, самостійного вибору методу і фізичної моделі для розв'язання, аналіз достовірності отриманого результату, можна залишити для додаткового вивчення.

Таким чином, навчання фізики, що здійснюється на основі ІКТ і ІКОС, є комплексним з точки зору охоплення всіх галузей фізичної науки – теорії, практики, комп'ютерного експерименту. Звичайно, повна заміна лабораторних робіт комп'ютерним експериментом недоцільна і порушує цілісність фізичної освіти, але використання методів комп'ютерного моделювання, візуалізація обчислень, безумовно, корисні. Комплексність фізичної освіти, яка отримується з використанням електронних ІКОС, виявляється в досягненні його класичних цілей – навчанні, розвитку і вихованні. Зокрема, навчання з використанням відкритих електронних ІКОС сприяє підвищенню культури спілкування в мережі, ставить перед студентами проблеми, обумовлені взаємодією продуктів технічної діяльності людини і природи і аналізом можливих наслідків цієї діяльності. Не дивлячись на позитивні моменти використання ІКТ і електронних ІКОС, слід розуміти, що особисте спілкування з

викладачем багато в чому дає більш якісний результат. Роль ІКОС полягає в полегшенні праці викладача, наданні додаткових можливостей для розвитку особистості всіх бажаючих здобути гідну освіту і сприянні розкриттю потенційних можливостей кожного студента при вивченні фізики, формуванню гармонійних стосунків із соціальним середовищем.

Але також, на думку автора, на сьогодні як студентів, так і викладачів необхідно стимулювати до більш активного відвідування освітніх порталів з метою ефективного використання інформаційних ресурсів навчального, навчально-методичного, довідникового призначення. Особливістю таких порталів є те, що користувач за допомогою Web-інтерфейсів, системи пошуку та навігації, баз даних тощо має доступ як до даних, розміщених на самому порталі, так і до даних, яку розміщено на інших порталах і сайтах. Як приклад такого порталу можна назвати портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» (<http://ict.edu.ru>), який є елементом системи російських федеральних освітніх порталів. Цей портал спрямований на забезпечення користувачів комплексною інформаційною підтримкою в галузі сучасних інформаційних та телекомунікаційних технологій, у тому числі й найсучаснішою інформацією щодо використання таких технологій в освіті. На даному порталі, як і на більшості освітніх порталів, презентовано такі інформаційні підрозділи:

- новини (офіційні новини, анонси конференцій, семінарів, нові технології, новини порталу);
- бібліотека (повні тексти навчальних та методичних матеріалів з вільним доступом, з метаописами та засобами пошуку й навігації);
- книги (метаопис друкованих видань з питань інформаційних технологій із зображенням обкладинок, змістом, одним-двома вибраними підрозділами);
- Інтернет-ресурси (метаопис та посилання на ресурси з інформаційних технологій, розміщені на сайтах навчальних закладів та інших організацій);
- організації (база даних з інформацією про навчальні заклади, факультети, кафедри, спеціалізовані організації за профілем порталу);
- персоналії (відомості про спеціалістів, які плідно працюють за тематикою порталу);
- конференції (матеріали конференцій за тематикою порталу, а саме: тези та повні тексти доповідей, відомості про учасників, оголошення про конференції, семінари, виставки в галузі інформаційно-комунікаційних технологій в освіті);
- форуми, пов'язані з тематикою порталу.

Організаціями, які створюють і підтримують функціонування освіт-

ніх порталів, як правило, є певні державні структури та провідні вищі навчальні заклади країни. Так, функціонування порталу «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» забезпечує Державний науково-дослідний інститут інформаційних технологій та комунікацій (головна організація) разом з двома російськими ВНЗ – Санкт-Петербурзьким державним електротехнічним університетом та Санкт-Петербурзьким державним інститутом точної механіки та оптики. Іншим прикладом освітнього порталу є освітньо-науковий портал Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (http://portal.cdu.edu.ua/?m=catalogue&o=show&entry_id=5320). Через цей портал викладачі й студенти мають доступ до інформації про конференції, семінари, інші наукові заходи, доступні ресурси (але відзначимо, що обсяг їх невеликий), вихід на офіційний сайт Міністерства освіти і науки України. Порівняно з попереднім прикладом цей портал є менш довершеним, надає менше можливостей відвідувачам, але розвиток таких порталів ВНЗ України – нагальна потреба.

Література

1. Беренфельд Б. С. Инновационные учебные продукты нового поколения с использованием средств ИКТ / Беренфельд Б. С., Бутягина К. Л. // Вопросы образования. – 2005. – № 3.
2. Загвязинский В. И. Теория обучения. Современная интерпретация / Загвязинский В. И. – М. : Академия, 2001. – 192 с.
3. Крот О. Ю. Фізика в будівництві та будівельній індустрії / Крот О. Ю., Подус Г. М. – Харків : ХДТУБА, 1999. – 72 с.
4. Копанец Е. Г. Методические указания для расчетно-графических задач с математической обработкой результатов физических измерений в строительной индустрии / Копанец Е. Г., Подус Г. М., Даньшева С. О. – Харьков : ХГТУСА, 2001. – 43 с.
5. Бутиков Е. А. Физика. Кн. 1. Механика / Бутиков Е. А., Кондратьев А. С. – М. : Физматлит, 2000. – 352 с.

ВИКОРИСТАННЯ MAPLE 11 ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РОБОЧОГО РЕЖИМУ БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРУ

Г.П. Чуйко, О.М. Яремчук, А.С. Добровольська
м. Миколаїв, Чорноморський державний університет ім. Петра Могили
sun-and-moon@list.ru

З кожним роком розвиток інформаційних технологій набуває більшого масштабу. Застосування комп'ютеризованого навчання стає більш доцільним та необхідним і має ряд переваг, а саме використання різноманітних навчальних програм, комп'ютерних моделей тощо.

Ми пропонуємо ефективну методику розрахунку робочого режиму біполярного транзистору з використанням програмного забезпечення Maple 11. Це дає можливість студентам більш досконало ознайомитися з предметом, отримати навички розрахунку, та побачити, які саме параметри та як впливають на роботу транзистору. Графічне представлення вхідних та вихідних характеристик сприяє кращому сприйняттю та розумінню процесів роботи біполярного транзистору.

З точки зору електротехніки біполярний транзистор – напівпровідник, який складається з трьох областей з типами областей, які чергуються. Його використовують в електроніці для підсилення електричної потужності. Струм визначається рухом носіїв заряду двох типів: електронів та дірок. За допомогою тришарової напівпровідникової структури з напівпровідників різної електропровідності створюються два р-n переходи з типами електропровідності, які чергуються [1].

Виходи біполярного транзистора називаються емітером, базою й колектором. Струм у транзисторі протікає від емітера, який інjektує носії заряду, до колектора через тонку базу. Величина цього струму визначається напругою між базою й емітером. В залежності від типу носіїв заряду, які використовуються в транзисторі, біполярні транзистори поділяються на транзистори п-р-п та р-п-р типу. В транзисторі п-р-п типу емітер і колектор легуються донорами, а база – акцепторами. В транзисторі р-п-р типу – навпаки.

Розглянемо реальний транзистор КТ315Г (малої потужності п-р-п типу) з параметрами, наведеними у довіднику [2]:

Таблиця 1

Параметри транзистору КТ315Г

Параметр та одиниці його виміру	h_{21}	V_{CE} , В	i_b , мА	V_{CE}^{nac} , В	i_{C0} , мкА	$f_{гран}$, МГц
	50..350	10	1	0.4	1	250

Для розрахунку основних параметрів транзистору, як було зазначе-

но вище, використаємо Maple 11.

MAPLE – система комп’ютерної математики, розрахована на широке коло користувачів. До недавнього часу її називали системою комп’ютерної алгебри, що вказувало на особливу роль символічних обчислень і перетворень, які здатна здійснювати ця система. Але така назва певним чином звужує сферу вживання системи. Насправді вона вже здатна виконувати швидко і ефективно не тільки символічні, але і числові розрахунки, причому поєднує це з потужними засобами графічної візуалізації і підготовки електронних документів.

Система Maple може з успіхом застосовуватися для вирішення найсерйозніших математичних задач аеродинаміки, теорії поля, теплопровідності і дифузії, теоретичної механіки, тощо. Рішення таких задач нерідко є багаторічною працею елітних наукових колективів. Втім, оскільки система може бути встановлена на будь-якому сучасному ПК, її можна (та і потрібно) застосовувати якомога частіше і з будь-якого приводу. Це сприяє як придбання практичних навичок роботи з Maple, так і зростання математичних пізнань тих, хто з нею працює.

Розглянемо роботу систему на прикладі роботи біполярного транзистору.

Спочатку розглянемо питання графоаналітичної оцінки гібридних робочих параметрів транзистору:

```
> restart;  
> h21:=di[C]/di[B];# Розрахунок коефіцієнту підсилення струму  
h21:=subs(di[C]=5e-3,di[B]=5e-5,h21); #Оцінка коефіцієнту підсилення струму для малих сигналів з бази
```

$$h_{21} := \frac{di_C}{di_B}$$
$$h_{21} := 100.0000000 \quad (1.1)$$

```
> h11:=h21*dU[BE]/di[E]; # Розрахунок вхідного опору  
h11:=subs(dU[BE]=0.06,di[E]=1.2e-3,h11);  
r_in:=h11; # Оцінка вхідного опору
```

$$h_{11} := \frac{100.0000000dU_{BE}}{di_E}$$
$$h_{11} := 5000.0000000$$
$$r_{in} := 5000.0000000 \quad (1.2)$$

```
> h22:=1/(dU[CE]/di[C]);# Розрахунок вихідної провідності  
h22:=subs(dU[CE]=20,di[C]=1.5e-3,h22);  
r_out:=1/h22; # Оцінка вихідної провідності
```


$$h_{22} := \frac{di_C}{dU_{CE}}$$

$$h_{22} := 0.0000750000000$$

$$r_{out} := 13333.33333 \quad (1.3)$$

> h12:=dU[BE]/dU[CE];# Розрахунок коефіцієнту зворотного зв'язку
 h12:=subs(dU[BE]=0.06,dU[CE]=20,h12);# Оцінка коефіцієнту зворотного зв'язку

$$h_{12} := \frac{dU_{BE}}{dU_{CE}}$$

$$h_{12} := 0.003000000000 \quad (1.4)$$

h_{11}, Om	h_{12}	h_{21}	$h_{22}, \frac{1}{Om}$
5000	0.003	100	0.000075

Далі розглянемо ідеалізовані статичні характеристики транзистору та зобразимо лінію навантаження.

Розрахуємо струм колектору згідно до виразу [3]:

$$i_C = h_{21} \cdot i_B + h_{22} \cdot V_{CE} - J_{C0} \left(\exp\left(\frac{eV_{CE}}{k_0T}\right) - 1 \right)$$

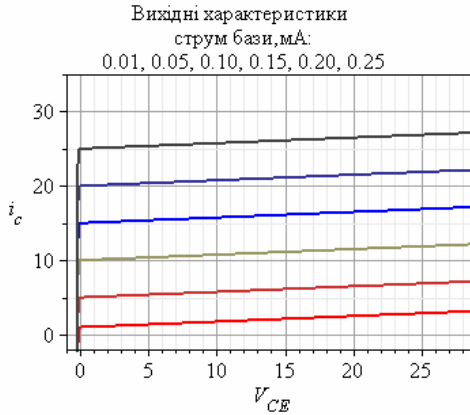
Після підстановки величин розрахованих вище, а також табличних значень матимемо простіший вигляд цього рівняння:

$$> i[C] := unapply(1000*h22*V[CE]+h21*i[B]-1e-3*(exp(-1.6*10^(-19)*V[CE]/(1.38*10^(-23)*293))-1), i[B], V[CE]);$$

$$i_C := (y1, y2) \rightarrow 0.07500000000y2 + 100.0000000y1 - 0.001 e^{-39.57065836 y2} + 0.001 \quad (1.5)$$

Зобразимо декілька вихідних характеристик для різних струмів бази:

```
>plot([i[C](0.01,V[CE]),i[C](0.05,V[CE]),i[C](0.1,V[CE]),i[C](0.15,V[CE]),i[C](0.20,V[CE]),i[C](0.25,V[CE])],V[CE]=-1..29,-2..35,thickness=2,axes=boxed,numpoints=300,gridlines=true,labels=['V[CE]', 'i[c]'],font=[COURIER,13],title="Вихідні характеристики\nструм бази,мА:\n0.01,0.05,0.10,0.15,0.20,0.25",color=[red,orange,khaki,blue,navy,violet]);g_out:=%:
```



Характеристики, наведені на графіку приблизно відповідають вихідним характеристикам транзистору КТ315Г, принаймні для малих базових струмів (до 25 мА), що видно з порівняння.

Побудуємо також ідеалізовані вхідні характеристики для двох значень напруги V_{CE} відповідно до формул [1]:

$$i_E = J_{S, EB} \left(\exp \left(\frac{e(V_{EB} - h_{12} \cdot V_{CE})}{k_0 T} \right) - 1 \right) + \frac{V_{EB}}{h_{11}}$$

де $J_{S, EB}$ – зворотний струм переходу «емітер-база», який покладемо рівним 10^{-12} А

$$> J[S, EB]:=1e-9:e:=1.6e-19:k[0]:=1.38e-23:T:=293:$$

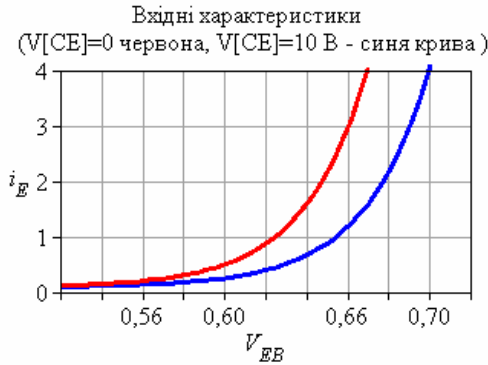
$$i[E] = \text{unapply}(J[S, EB] * (\exp(e * (V[EB] - h12 * V[CE]) / (k[0] * T)) - 1) + 1e3 * V[EB] / h11, V[EB], V[CE]);$$

$$i_E = ((y1, y2) \rightarrow 1. \cdot 10^{-9} e^{39.57065836 y1 - 0.1187119751 y2} - 1. \cdot 10^{-9}$$

$$+ 0.2000000000 y1)$$

(1.6)

$$> \text{plot}([1e-9 * (\exp(1.6e-19 * (V[EB] - h12 * 10) / (1.2 * 1.38e-23 * 293)) - 1) + 1e3 * V[EB] / h11, 1e-9 * (\exp(1.6e-19 * V[EB] / (1.2 * 1.38e-23 * 293)) - 1) + 1e3 * V[EB] / h11], V[EB]=0.52..0.72, 0.4, \text{thickness}=3, \text{gridlines}=\text{true}, \text{color}=[\text{blue}, \text{red}], \text{tickmarks}=[10, 5], \text{axes}=\text{boxed}, \text{labels}=[V[EB], i[E]], \text{font}=[\text{COURIER}, 13], \text{title}="Вхідні характеристики \n (V[CE]=0 червона, V[CE]=10 В - синя крива)"); g_in:=%$$



Вхідні характеристики також нагадують реальні криві з довіднику [2].

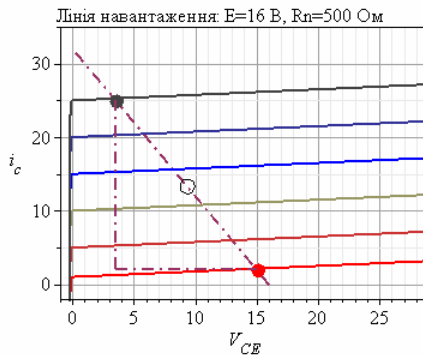
Побудуємо так звану лінію навантаження, яка відповідає виразу:

$$E = V_{CE} + i_C \cdot R_n$$

де E , R_n – відповідно е.р.с. джерела живлення та опір навантаження у вихідному колі.

Зобразимо лінію навантаження на фоні вихідних характеристик:

```
>plots[display](plottools[line]([16,0],[0,16/0.5],color=maroon,linestyle=dashdot,thickness=2),g_out,plottools[point]([3.5,25.0],symbol=solidcircle,symbolsize=30,color=violet),plottools[point]([15.,2.0],symbol=solidcircle,symbolsize=30,color=red),plottools[point]([9.25,13.5],symbol=circle,symbolsize=30,color=black),plottools[line]([3.5,2],[3.5,25],color=maroon,linestyle=dashdot,thickness=2),plottools[line]([3.5,2],[15,2],color=maroon,linestyle=dashdot,thickness=2),title="Лінія навантаження: E=16 В, Rn=500 Ом");
```



Обираємо робочу ділянку поміж точками перетинання лінії навантаження та вихідних характеристик (фіолетова та червона точки). Проекції робочої ділянки на осі координат (V_{CE} , i_C) визначають подвійні значення амплітуд перших гармонік змінних складових вихідної напруги та

вихідного струму. З графіку маємо:

$$\begin{aligned} > V_{out} &:= (15 - 3.5) / 2; \# \text{ у вольтах} \\ J_{out} &:= (25 - 1) / 2; \# \text{ у міліамперах} \\ V_{out} &:= 5.75000000 \\ J_{out} &:= 12.00000000 \end{aligned} \quad (1.7)$$

Вихідна потужність відповідно :

$$\begin{aligned} > P_{out} &:= J_{out} * V_{out} / 2; \# \text{ у міліватах} \\ P_{out} &:= 34.50000000 \end{aligned} \quad (1.8)$$

На останньому графіку можна виокремити трикутник корисної потужності (його гіпотенузою є лінія навантаження, а катетами - відповідні подвійні амплітуди вихідних напруги та струму. Площа цього трикутника у чотири рази більше вихідної потужності.

Припустимо, що опір джерела коливань значно перевищує вхідний опір $R_d \gg r_{in} = 5000$ Ом. Тоді нелінійність відносно малого вхідного опору можна не враховувати, оскільки опір вхідного кола визначається значно більшим опором джерела коливань – R_d . Якщо цей опір лінійний, то для гармонічної (синусоїдальної) е.р.с джерела коливань вхідний струм також буде лінійним.

Тоді робоча точка (Т) на вихідній характеристиці лежить точно посередині поміж крайніми точками, тобто визначає середній базовий струм величиною: $i_{B0} = 0.135$ mA

$$\begin{aligned} > i[B,av] &:= (0.25 + 0.02) / 2; \\ i_{B,av} &:= 0.1350000000 \end{aligned} \quad (1.9)$$

Робоча точка також визначає амплітуди перших гармонік та середні значення вихідних напруги та струму:

$$\begin{aligned} > V[CE,av] &:= (15 + 3.5) / 2; J[C,av] := (25 + 2) / 2; \\ V_{CE,av} &:= 9.25000000 \\ J_{C,av} &:= 13.50000000 \end{aligned} \quad (1.10)$$

По цих даних можна обчислити потужність, яку виділяє транзистор в стані спокою

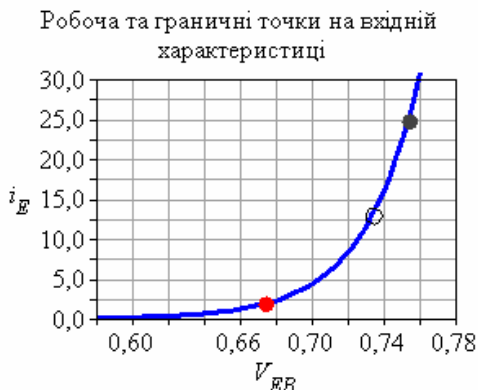
$$\begin{aligned} > P_{av} &:= \% * \% \% ; \\ P_{av} &:= 124.8750000 \end{aligned} \quad (1.11)$$

яка не повинна перевищувати максимальної потужності, дозволеної транзистору (150 міліват для КТ315Г).

Перенесемо характерні точки на вхідну характеристику діоду, користуючись тим, що $i_C \approx i_E$:

$$\begin{aligned} > g1 := \text{plot}(1e-9 * (\exp(1.6e-19 * (V[EB] - h12 * 9.25) / (1.2 * 1.38e-23 * 293)) - \\ 1) + 1e3 * V[EB] / h11, V[EB] = 0.58..0.78, 0..30, \text{gridlines} = \text{true}, \text{tickmarks} = [10, 12], \\ \text{axes} = \text{boxed}, \text{labels} = ['V[EB]', 'i[E]'], \text{font} = [\text{COURIER}, 13], \text{thickness} = 3, \text{color} = \\ \text{blue}); \end{aligned}$$

```
plots[display](g1,plottools[point]([0.754,25.0],symbol=solidcircle,symbol
lsize=30,color=violet),plottools[point]([0.674,2.0],symbol=solidcircle,symbol
size=30,color=red),plottools[point]([0.734,13.0],symbol=circle,symbolsize=3
0,color=black),title="Робоча та граничні точки на вхідній характеристиці");
```



Звідки можна визначити амплітуду першої гармоніки змінної складової вхідної напруги та коефіцієнт підсилення по напрузі та по потужності:

$$\begin{aligned} > V_{in} := (0.754 - 0.674) / 2; \quad k[u] := V_{out} / V_{in}; \quad k[P] := h_{21} * k[u]; \\ V_{in} &:= 0.0400000000 \\ k_u &:= 143.7500000 \\ k_p &:= 14375.00000 \end{aligned} \quad (1.12)$$

Отже, після розрахунку робочого режиму біполярного транзистора та проведення необхідних побудов можна дійти висновку, що використання даної методики навчання сприяє кращому засвоєнню матеріалу, інформаційні технології сприяють більш наочному викладенню матеріалу. Застосовуючи Maple 11, проведення практичних занять стають більш інформативними та якісними.

Література

1. Турута Е. Ф. Транзисторы : справочник / Турута Е. Ф. – СПб. : Наука и Техника, 2006. – Том 1. – 544 с. : ил.
2. Москатов Е. А. Справочник по полупроводниковым приборам / Москатов Е. А. – Таганрог, 2005: – 219 с., ил.
3. Росадо Л. Физическая электроника и микроэлектроника / Луис Росадо ; пер. с испанского С. И. Баскакова, под ред. В. А. Терехова. – М. : Высшая школа, 1991. – 351 с.

ДОСВІД ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ В СВІТЛІ НОВИХ ОБ'ЄКТИВНИХ РЕАЛІЙ

З.П. Чорній¹, Н.Д. Довга¹, Є.Г. Мороз², В.І. Вайданич¹

¹ м. Львів, Національний лісотехнічний університет України

² м. Львів, Львівський державний інститут новітніх технологій і управління ім. В. Чорновола
forestviv@ukr.net

Болонський процес не регламентує, як навчати студента. Західна вища школа пройшла цей шлях. Свій власний шлях має торувати й Україна. Показовим у цьому плані є матеріали міжнародного конгресу з питань математичної освіти, який відбувся в Копенгагені 2005 р. Одна з тез, яка для нас вельми важлива: кожна країна мусить надзвичайно уважено відноситись до свого власного шляху в освіті з врахуванням свого досвіду, здобутків, проблем та пріоритетів. Власне, в цьому плані у нас не все гаразд.

З огляду на викладене, доведення тижневого навантаження студента до європейського рівня сумнівно щоб пішло на користь поліпшенню освіти на нинішньому етапі. Такі заходи потрібно проводити з рівночасними кроками, які б сприяли зміні ментальності студента, адекватним збільшенням його самостійної роботи. Наразі цього не сталося. Тому запроваджені новації можуть негативно вплинути на якісні показники навчання.

Таким чином, самостійна робота студента в умовах скорочення аудиторного навантаження виступає на перший план, її треба стимулювати, заохочувати, організовувати. Для цього відповідним чином треба перебудувати лекційний курс та інші види аудиторних занять.

В зв'язку із скороченням годин на вивчення фізики, теоретичний курс загальної фізики можна подати двома різними підходами. За першим треба скоротити курс за рахунок окремих розділів, за другим – знайти такі підходи, які відповідають новим реаліям, а саме збільшенню бюджету годин на самостійну роботу студента. Ми скористались другим шляхом. Щоб лекціям надати елементів активності, доцільна більш тісна співпраця лектора з аудиторією. В процесі викладу матеріалу достатньо зупинитись на ключових моментах, можливо навіть навести кінцеві результати, формули, чи розв'язки. В ході обговорення можна з'ясувати, яким чином можна отримати ці результати, за яких умов, який потрібно використати для цього математичний апарат, де і для чого використовується даний закон, формула тощо. Достатньо нагадати, що в курсі загальної фізики є більше десятка формул і законів, для виведення яких ви-

користується однотипний математичний метод, зокрема, розділення змінних. Напевно, доцільно один раз детально скористатись цим методом, а в подальшому збудити активність студентської аудиторії. У підсумку, замість пасивного рутинного конспектування студент стає активною фігурою, опановує матеріал і демонструє свої розвивальні здібності.

Лекція в жодному випадку, навіть для першокурсників, не повинна доноситись до слухачів під диктовку. Процес механічного записування, властиво, найбільше зумовлює пасивність навчання і несприйняття матеріалу. Звичайно, неодмінною умовою для активної співпраці лектора з аудиторією має бути повне забезпечення кожного студента підручниками або конспектами лекцій. Записують студенти тільки такі фрагменти лекції, які відсутні в представленій їм літературі, або окремі, особливі моменти. Другою умовою такого дійства на лекції повинно бути попереднє ґрунтовне ознайомлення студентів з новою темою лекції. В цьому випадку лекція сприймається активно, зацікавлено, виясняються незрозумілі моменти, можливі сфери застосування розглядуваних явищ тощо. На початку запровадження такого заходу до лекції попередньо будуть готуватись одиниці, згодом їх кількість збільшуватиметься. В розпорядженні лектора є різні можливості для стимулювання цього процесу. Досвід проведення лекцій в такій формі показав, що бажаної мети найкраще можна досягнути в малих лекційних потоках. Цілком очевидно, що студенти мають різну підготовку, характеризуються не однаковим сприйняттям. Для роботи з цією категорією служать години індивідуальної роботи та консультації.

Фізика – наука експериментальна, тому справедливо вимагається супроводження лекцій відповідними демонстраціями. Комп'ютерна техніка і технологія відкрили нові можливості, нові технології навчання. В першу чергу маються на увазі мультимедійні технології, які суттєво розширюють можливості використання комп'ютера. Спряжений з комп'ютером мультимедійний проектор дозволяє проводити виклад теоретичного матеріалу в режимі анімації, починаючи з формулювання умов, повторення попереднього матеріалу, поетапного розв'язування задачі або виводу формули, демонстрації графічного матеріалу, об'ємних зображень, здійснювати порційну подачу нового матеріалу та багато іншого. Використання мультимедійного комплексу винятково цінне для моделювання фізичних процесів, які неможливо відтворити і візуалізувати в звичайних лабораторних умовах чи лекційній аудиторії.

Лекції забезпечені повноцінним мультимедійним лекційним курсом з елементами анімації у декількох варіантах. Один з них призначений для студентів і є електронною версією підручника «Фізика» (з лісоєко-

логічними та біофізичними аспектами), написаний і виданий авторами кафедри. Підручник насичений багатим ілюстративним матеріалом, великою кількістю прикладів, зокрема, і за профілем навчання. Кожний розділ завершується рубрикою «Треба знати». Два інші варіанти мультимедійного лекційного курсу призначені для лектора. Теоретичний матеріал в них згрупований полекційно з висвітленням теми, розглядуваних питань та закріплення матеріалу. Один з варіантів дає можливість проводити лекції в фрагментарному режимі з порційною подачею нового матеріалу [1]. Така форма запобігає розсіюванню уваги студентів, дає можливість читати лекції в активному діалоговому режимі.

Безумовно, студентам треба надавати ґрунтовну методичну допомогу, забезпечити їх належними вказівками до розв'язування задач. З огляду на це авторським колективом кафедри написаний і опублікований збірник задач, в якому присутні елементи профілізації. Посібник складений відповідно до програми курсу фізики для технологічних спеціальностей вищих освітніх закладів і створює єдине ціле з підручником «Фізика». Збірник задач орієнтований на модульну аудиторну та індивідуальну організацію навчального процесу. Перевага при складанні задач надавалась не абстрактним, а реальним задачам, запозиченим з повсякденного життя, які найповніше розкривають фізичні закони, сучасну техніку і технології.

Для належної самостійної роботи і, загалом, опанування фізики вищої школи, студент повинен мати достатню для цього шкільну підготовку з фізики. За останнє десятиліття маємо регрес щодо стану шкільної фізико-математичної освіти. Причини відомі: переважна більшість технічних спеціальностей відмовились від вступного іспиту з фізики на користь математики – відповідно, лише одиниці випускників шкіл складають іспит з фізики за середню школу або ж проходять зовнішнє незалежне оцінювання. Не дивно, що учень з старших класів наполегливо опановує лише предмети, з яких планує проходити зовнішнє незалежне оцінювання. Як наслідок, переважна більшість першокурсників має низькі знання з фізики, неспроможні провести найпростіші перетворення фізичних величин, не володіють елементарними фізичними законами.

Задля підготовки першокурсників до сприйняття курсу фізики вищої технічної школи нами запроваджені індивідуальні заняття за середню школу в обсязі 16–24 години. Половина з цієї кількості занять проводиться в перший тиждень навчального семестру, в якому вивчається фізика, позаяк студенти ще не завантажені. Решта занять проводиться впродовж першого місяця навчання за окремим розкладом. Заняття проводяться групами і включаються в план роботи викладача. Індивідуальним заняттям передусє вхідний контроль, за підсумками якого визнача-

ється коло обов'язкових відвідувачів таких занять. Питання вхідного контролю містять елементарні тестові питання про фізичні поняття, перетворення одиниць вимірювання, нескладні обчислення тощо. Індивідуальні заняття спрямовуються на вироблення у студентів фізичного мислення, з'ясування фізичного змісту окремих величин, опанування основних і похідних одиниць Міжнародної системи одиниць та їх похідних, елементарні дії над векторами, з'ясування основних форм руху в кінематиці. Безумовно, для ліквідації всіх прогалин шкільної підготовки цього недостатньо, але вони позитивно впливають на адаптацію першоккурсників до сприйняття курсу фізики вищої школи.

Кращу якість життя для країн Заходу принесла розвивальна система освіти, в основі якої є значна частка самостійної роботи студента. Самостійна робота над підручником, самостійне виконання індивідуальних контрольних завдань в межах виділених годин самостійної роботи створюють сприятливі умови для вивчення курсу фізики, розвитку особистості, кращого і вдумливого опанування фахових дисциплін.

Література

1. Деякі аспекти викладання фізики в технічному ВНЗ у світлі сучасних інтеграційних процесів / Вайданич В., Довга Н., Пенцак Г., Чорній З. // Актуальні проблеми викладання та навчання фізики у вищих освітніх закладах : матеріали III-ої Міжнародної конференції. – Львів : Ліга-прес, 2009. – С. 25.

ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З ФІЗИКИ В УМОВАХ КРЕДИТНО-MOДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ

О.В. Яременко, І.О. Мороз, Л.О. Яременко
м. Суми, Сумський державний педагогічний університет
імені А.С.Макаренка
teorfiz09@rambler.ru

Реформування змісту вищої освіти, кроки в сторону Болонської моделі є одним з тих чинників, на основі яких можливе значне посилення ролі освіти у формування всебічно розвинутої особистості. Навчання в вищій школі повинно забезпечити підготовку висококваліфікованого спеціаліста у відповідності з сучасними вимогами суспільства.

Аналіз програм ВНЗ з багатьох предметів показує, що педагогічний процес не в повній мірі зорієнтований на особистість майбутнього спеціаліста. В навчальному процесі переважають інформаційно-ілюстративні методи навчання. Сьогодні відправною точкою при оновленні освіти є визнання розвитку особистості. Завдання вищої освіти полягає в формуванні соціально-активного, фізично та психічно здорового громадянина, який був би здатним до свідомого вирішення складних наукових та життєвих проблем, індивідуальних та суспільних цілей, збагаченню на цій основі інтелектуального, творчого, культурного потенціалу нації. Тільки освічена людина може виконати це завдання.

У законах України «Про вищу освіту», «Про освіту» наголошується на підготовці висококваліфікованих кадрів здатних до самостійного вирішення складних наукоємних технологій, проведення наукових досліджень та ін., які були б конкурентні на ринку праці. Ключова роль в цьому процесі повинна належати викладачу. Через його діяльність реалізується державна політика, спрямована на зміцнення інтелектуального і духовного потенціалу нації. Тільки він, і ніхто інший зможе спрямувати у правильне русло діяльність нинішнього студента – майбутнього спеціаліста. Від випускника вимагається вміння подальшого саморозвитку і самоосвіти, які необхідні для професійної діяльності в умовах досить швидкого розвитку інформаційного простору.

В цих умовах особливої уваги набувають уміння студента самостійно здобувати та опрацьовувати інформацію в будь-якому виді стандартному чи нестандартному, якщо це можливо, вирішувати проблемні питання, які виникають у процесі навчання.

Не секрет, що за інтелектуальними здібностями, типом мислення, темпом засвоєння знань студенти різні. Особливо це стосується студентів першого курсу. Як показує досвід викладачів загальної фізики у ВНЗ,

студенту-першокурснику необхідно приділяти максимум уваги при організації навчального процесу: проведення лекційних, практичних, семінарських та лабораторних занять.

Викладання будь-якого предмета, в тому числі і фізики, є досить складним процесом, який залежить не тільки від викладача і його ерудиції, але й від зворотного зв'язку «студент – викладач», і тільки вміння студента самостійно освоювати нові розділи фізики, застосовувати вивчені методи в інших науках – хімії, біології, техніці, дозволять ефективно розв'язувати як наукові, так і побутові проблеми. Необхідно пам'ятати, що фізика, як наука про природу базується на експерименті. Тому, формулюючи той чи інший закон, необхідно дати опис дослідів і спостережень відповідних явищ і, за можливості, описати їх з математичної точки зору. Якщо експеримент відсутній, можна привести відповідні аналогії, підкріплюючи їх математичними викладками. Зрозуміло, що викладання фундаментальних положень фізики неможливе без застосування математичного апарату. Навіть на першому курсі при вивченні курсу «Механіка» (I семестр) і «Молекулярна фізика та основи термодинаміки» (II семестр) студенти при доведенні ряду рівнянь і законів використовують елементи інтегрального і диференціального числення. Шкільна підготовка їх для цього недостатня, а університетська ще відсутня, тому доводиться частину часу використовувати на ліквідацію цієї прогалини за рахунок годин, відведених на вивчення фізики.

В підготовці майбутніх спеціалістів одним із головних чинників була, є і буде лекція. Лекційний курс повинен забезпечити засвоєння студентами принципів і закономірностей даної науки, а також методів наукових досліджень. Особливостями лекційних занять є розуміння фактичного матеріалу. Як цього досягнути, яким чином можна стимулювати роботу студентів, щоб вони засвоювали лекційний матеріал протягом семестру, не відкладаючи це питання до складання чергового модуля в умовах кредитно-модульної системи, а ще гірше – на період екзаменаційного контролю?

Очевидно, це можливо через чітко організовану систему навчального процесу, з якого не випадає жоден із ланцюгів: лекція, практичні та семінарські заняття, колоквиуми, лабораторні та індивідуальні заняття.

Як правило, студенти хочуть повністю законспектувати текст лекції з викладками основних положень, понять, формулювань, законів. На наш погляд, це є необов'язковим. Бажано, щоб на кафедрах студент мав можливість взяти довідкову літературу, досить розширений конспект лекцій в паперовому чи електронному варіанті, де міститься весь необхідний матеріал, і йому не буде нагальної потреби записувати лекції. Потрібно лише уважно слухати і сприймати матеріал, який дається для

засвоєння. Але студентів, які можуть дві години напружено працювати разом з лектором, мало, тому, необхідна активізація пізнавальної діяльності.

Для активізації початкової діяльності студентів зміст кожної наступної лекції повідомляється їм напередодні, а завдання викладача повинні бути спрямовані на те, щоб при опрацюванні конспекту лекцій матеріал був зрозумілий студенту.

Не другорядну роль відіграють лекційні демонстрації. В останній час практика їх проведення зводиться до мультимедійних показів і т.ін. Проте краще один раз побачити живий експеримент, ніж його картинку. Якщо студент впевнюється в існуванні того чи іншого явища не на основі слів, а в результаті спостереження, від цього буде набагато більше користі. Продемонстрований дослід може викликати безліч запитань, на які потім студенти дають відповідь. В той же час дослід дає змогу ілюструвати не тільки фізичне явище, але і його модель. Щоб ознайомити студентів з розподілом Максвелла, доводиться показувати не розподіл молекул по швидкостям, а модель цього розподілу, а саме розподіл Гауса на пружних кульках (дошка Дальтона). Це дає певний ефект. Підкреслимо, що тільки прослуховування лекції недостатньо для засвоєння її матеріалу. Потрібно, щоб над нею студенти працювали самостійно. Суттєвим доповненням до лекції є проведення практичних, семінарських і лабораторних занять. Семінарські заняття можуть бути як поточними, так і підсумковими. На поточні заняття виносяться найбільш важливі питання курсу, розглянуті до цього часу на лекції. Підсумкові семінари є логічним завершенням модуля або підмодуля в кредитно-модульній системі навчання.

Значна роль при вивченні курсу відводиться самостійній роботі.

Самостійна робота є обов'язковою частиною діяльності студентів, видом навчальної праці під керівництвом викладача і є необхідним елементом підготовки майбутніх спеціалістів. Вона може бути як аудиторною, так і позааудиторною. Для контролю цієї роботи вважаємо за доцільне:

- проводити на наступній лекції опитування матеріалу попередньої;
- проводити підсумкові семінари чи письмові роботи по модулях;
- індивідуальні роботи з розв'язування задач;
- курсові та реферативні роботи.

Звичайно, цими видами самостійна робота не обмежується. Для ефективної організації самостійної роботи необхідно мати достатнє навчально-методичне забезпечення. Це можуть бути розробки до певного модуля чи теми, вказівки до виконання лабораторних робіт і підготовки до семінарських занять. На кафедрах ЕіТФ і фізики СумДПУ такі розро-

бки є.

При викладанні загального курсу фізики таким методичним забезпеченням з молекулярної фізики можна вважати посібник «Молекулярна фізика та основи термодинаміки», що охоплює всі модулі навчальної дисципліни «Молекулярна фізика», яка вивчається у другому семестрі.

У навчальному посібнику розглянуто основні явища, що підтверджують молекулярну будову речовини. Посібник включає такі розділи:

- Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії;
- Основи термодинаміки;
- Закон Максвелла про розподіл швидкостей молекул;
- Явища переносу в ідеальних газах;
- Реальні гази;
- Особливості рідкого стану;
- Будова твердих тіл.

Додатки містять обширний та корисний для самостійної роботи матеріал.

В посібнику до кожного розділу вказані контрольні запитання для самоперевірки та задачі для самостійної роботи. Наведені методичні вказівки та приклади розв'язування типових задач.

Посібник, на погляд авторів, є хорошим доповненням до існуючої навчальної літератури. Він максимально наближений до діючих програм, зорієнтований на успішне засвоєння знань студентами в умовах кредитно-модульної системи.

Не зважаючи на складнощі, кредитно-модульна система організації навчального процесу наповнена великим позитивним потенціалом. Вона відкриває студентам можливість інтегруватися до європейської та світової систем навчання, дає можливість бути конкурентоздатними на світовому ринку праці, гідно представляти Україну, відкривати її для світового співтовариства.

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ТЕМ «ЗАКОН КУЛОНА» ТА «НАПРУЖЕНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ» НА ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

О.С. Яценко

м. Бердянськ, Бердянський державний педагогічний університет
shadow_jura@mail.ru

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано її розв'язання. Протягом останніх років у зв'язку з подальшим удосконаленням системи освіти у нашій країні та бурхливим розвитком науки і техніки і, зокрема, фізики та її застосувань, відбулися зміни у теорії та методиці навчання фізики. Вивчення фізики є важливим засобом пізнання та всебічного розвитку учнів, формування в них наукового світогляду.

Навчання – це спільна діяльність учителя та учнів. Розуміння технології навчання фізики як процесуального способу досягнення цілей навчання на основі узгодженого поєднання організаційних форм, методів і засобів навчання дає підстави виділити комп'ютерне навчання як засіб оптимізації та підвищення ефективності навчального процесу, що сприяє реалізації багатьох принципів розвиваючого навчання.

Найбільш перспективним напрямком удосконалення процесу навчання фізики є використання інформаційно-комунікаційних технологій. У наш час ми маємо можливість використовувати різні методики навчання фізиці з напрямками використання комп'ютерного моделювання (О. Бугайов [2], М. Жалдак [6; 7], Ю. Жук [8], О. Іваницький [9], В. Коваль [10], Н. Мислицька [16], Н. Сосницька [15], В. Сумський [16; 17], І. Теплицький [18], М. Шут [6] та інші). Аналіз наукового доробку цих вчених дозволив нам визначити, що завдяки інформаційно-комунікаційним технологіям вчитель має можливість:

– по-перше, наочно донести до учнів ті фізичні процеси та властивості Всесвіту, які людина не може сприйняти фізично (наприклад: силові лінії електричного поля, напруженість електричного поля, принцип суперпозиції тощо);

– по-друге, надати можливість учням самостійно досліджувати фізичні процеси змінюючи параметри систем (через комп'ютерні моделі);

– по-третє, надати можливість учням самостійно вивчати теорію та закріплювати теоретичні знання за допомогою розв'язування комп'ютерно-орієнтованих задач та тестів.

Відповідно до нормативних документів [5], старша 12-річна школа

функціонує як профільна, тому при дослідженні особливостей методики вивчення розділу «Електродинаміка» ми розглядали універсальний та технологічний профілі. У 10-му класі учні знайомляться з електродинамікою стаціонарних явищ: статичними електричним та магнітним полями, постійним струмом та основами класичної електронної теорії [11; 19]. В 11-му класі продовжується вивчення електродинаміки, але на матеріалі нестационарних явищ – електромагнітна індукція, електромагнітні коливання та змінний струм, електромагнітні хвилі (включає хвильову оптику). Завершується цей розділ темою «Елементи теорії відносності», що виправдано як логічно, так й історично [12; 19]. Необхідно зауважити, що перша стаття А. Ейнштейна, у якій були закладені основи спеціальної теорії відносності, мала назву «До електродинаміки рухомих тіл» [3].

На основі науково-методичного аналізу шкільних програм з фізики [14; 19], підручників [11] та навчально-методичної літератури [1; 3; 13] ми виділили наступні особливості вивчення теми «Електричне поле»:

- вперше починається поглиблене вивчення такого виду матерії, як поле;

- початкові відомості про електричне поле, сформовані в учнів у 8-му класі на якісному рівні, поглиблюються під час вивчення його кількісних характеристик;

- звертають увагу на формування уявлень про електричний заряд як властивість елементарних частинок, що проявляється в процесі їх електромагнітної та інших взаємодій;

- вивчення дискретності заряду потребує введення поняття елементарного заряду, Поняття дискретність заряду, елементарний заряд формуються в процесі вивчення досліду Йоффе-Міллікена, вивчення електризації тіл включає вивчення технічного використання і врахування цього явища;

- вивчення закону Кулона потребує чіткого розуміння характеру залежності сили взаємодії точкових зарядів від значення зарядів та відстані між ними, формування поняття електричної сталої; під час розв'язування задач на закон Кулона доцільно використовувати задачі на визначення сили взаємодії зарядів, розміщених на одній прямій;

- вивчаючи електростатичне поле, можна лише почати формувати знання про його матеріальність тому, що в учнів ще недостатньо теоретичних і експериментальних фактів для формування цілісного уявлень про нього. Засобами для цього є розгляд питання про близько- і далекодію, вивчення силових і енергетичних характеристик поля;

- важливим етапом вивчення властивостей електричного поля є дослідне вивчення спектрів електричних полів заряджених тіл різної фор-

ми і знаків. Метою цих досліджень є встановлення умов утворення однорідних електричних полів і особливостей розподілу вільних носіїв електричного заряду в провідниках. Поняття електростатичної індукції вводити недоцільно, а увагу учнів слід акцентувати на відсутності електричного поля всередині провідника і на практичному застосуванні цього явища;

- для систематизації знань про електричне поле проводиться аналогія між електричним і гравітаційним полями. Під час розв'язування задач у більшому обсязі використовується математичний апарат для визначення напруженості електричного поля точкового заряду, зарядженої електропровідної сфери, нескінченної площини;

- зміст теми «Різниця потенціалів. Напряга» розширюється за рахунок вивчення нульового рівня потенціальної енергії, потенціалу електричного поля точкового заряду, екіпотенціальних поверхонь;

- формування кількісних характеристик електричного поля завершується встановленням взаємозв'язку між ними. Формула для енергії плоского конденсатора дається з виведенням.

На вивчення теми «Електричне поле» у зазначених профілях відводиться 14 годин [14; 19].

Електродинамічні поняття абстрактні і складні, тому вони вимагають особливих підходів до розробки методики вивчення певних тем, зокрема «Закон Кулона» та «Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції електричних полів».

У цьому контексті **метою** нашого дослідження є визначити особливості методики вивчення тем «Закон Кулона» та «Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції електричних полів» на основі інформаційно-комунікаційних технологій (на прикладі педагогічного програмного засобу «1С Репетитор. Фізика»).

Виклад основного матеріалу дослідження. Методична лінія при вивченні електростатики зводиться до того, що пояснення електростатичних явищ базується на двох положеннях – законі Кулона та принципі суперпозиції полів, що виявляють основні властивості електростатичного поля. Їх можна розглядати як експериментальні закони, тому всі інші висновки є слідствами цих положень.

Під час пояснення учням тем «Закон Кулона» та «Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції електричних полів» вчитель зустрічається зі складнощами, які полягають у неможливості наглядно продемонструвати силові лінії поля та у достатній мірі доступно показати учням дію закону Кулона та принципу суперпозиції.

Вивчення зазначених тем з використання ППЗ «1С Репетитор. Фізика» вчитель починає з пояснення, як треба користуватися цим програ-

ним засобом. Це дозволить учню без особливих вагань відкрити певну електрону сторінку: теоретичний матеріал, демонстрації, моделі певного фізичного процесу чи явища.

Під час вивчення закону Кулона вчитель перш за все пояснює, що цей закон справедливий тільки для нерухомих точкових зарядів та вводить поняття «точкового заряду». Для цього він може провести аналогію з законом всесвітнього тяжіння. Але після цього необхідно знову повернутися до електростатики та навести декілька простих прикладів. Також увага учнів звертається на те, що відносно заряджених шарів, відстань між якими не можна вважати великою за відношенням до їх радіусів, закон Кулона безпосередньо не можна використати. Заряди таких шарів не можна вважати точковими. Учням можна навести два різних випадки: коли дві кулі заряджені однаково, та коли вони мають різні знаки.

Після пояснення основ закону Кулона вчитель дає завдання учням провести комп'ютерні експериментальні дослідження закону Кулона (рис. 1). Для цього необхідно зробити активним вікно «Формула закону Кулона». Слайд, який з'являється на екрані, складається з основної формули вгорі та трьох графіків нижче.

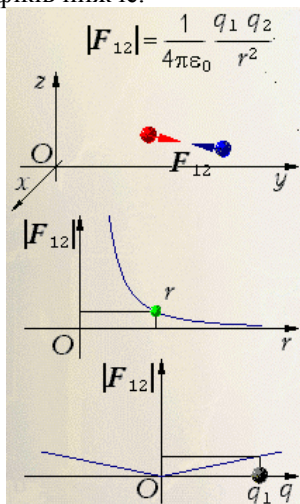


Рис 1. Закон Кулона

Якщо навести курсор миші на формулу закону Кулона, то можна побачити модуль величин, які входять до неї. Також вони будуть відмічені на усіх графіках червоною рисою. На першому графіку учень має можливість змінювати відстань між зарядами і спостерігати на інших двох графіках яким чином змінюються інші величини, які входять у формулу. Також у першій системі координат наочно ілюструються вектори

сили взаємодії між зарядами. Розміщений нижче графік ілюструє залежність сили взаємодії між зарядами від відстані між ними. Останній графік дозволяє дослідити залежність сили від величини заряду.

Після цього вчитель пояснює учням фізичну сутність коефіцієнту пропорційності, що входить у формулу закону Кулона та підводить учнів до другого основного положення у електростатиці – принципу суперпозиції. Для цього на моделі «векторна сума» (рис. 2) вчитель пояснює, як на заряд діють сили притягання та відштовхування зі сторони інших зарядів. За допомогою цієї моделі учні мають можливість змінювати місцеположення пробного заряду, спостерігати за зміною напрямків та модулів векторів сил, які діють на цей заряд. Сумуючи ці сили, отримуємо силу, що діє на цей заряд зі сторони інших точкових зарядів, що є принципом суперпозиції. Цей принцип є дослідним фактом, як і закон Кулона. Тому вчителю необхідно чітко пояснити учням, що таке дослідний факт, а що таке логічний висновок.

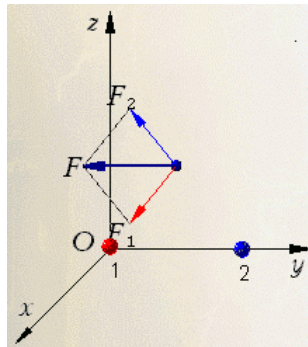


Рис. 2. Векторна сума діючих сил на заряд

Наступним кроком вчителя є пояснення дослідницьким шляхом фізичної сутності електричного поля. Також вчитель пояснює термін «математичне поле» та наводить приклади полів.

Вивчаючи властивості електричного поля необхідно провести аналогію із законом всесвітнього тяжіння, та плавно перейти до вивчення

напруженість електростатичного поля. З формули $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ випливає, що

напруженість є характеристикою поля, в якому знаходиться певний заряд, тому що вона в певній точці поля не залежить від значення заряду q . При цьому необхідно зробити висновок про те, що сила та напруженість – це векторні величини, а заряд – скалярна.

Розповідаючи учням про електричне поле точкового заряду, вчитель підводить учнів до формулювання принципу суперпозиції полів на ос-

нові комп'ютерних моделей (рис. 3). Перша графічна модель дає можливість пересувати точку спостереження та слідкувати за зміненням сумарної сили, що діє на пробний заряд зі сторони двох позитивних зарядів, а друга – зі сторони двох протилежних.

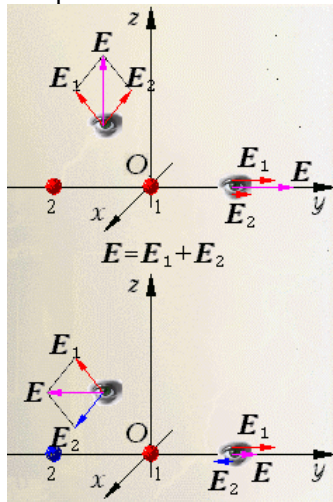


Рис. 3. Принцип суперпозиції полів

Коли учні засвоїли поняття напруженості електричного поля та сутність принципу суперпозиції полів, вчитель переходить до введення поняття «силові лінії» за допомогою комп'ютерної моделі «Силові лінії електричного поля» (рис. 4). Учні пояснюють, що:

- силові лінії позитивного заряду направлені від заряду, поле точкового заряду однакове за всіма напрямками, що пояснюється симетрією;
- силові лінії негативного заряду направлені з нескінченності до заряду, в загальному випадку відстань між силовими лініями характеризує величину поля;
- густина ліній прямо пропорційна величині поля;
- однорідне поле описується прямими паралельними силовими лініями, розподіленими в просторі з однаковою густиною, як видно на рис. 4; біля позитивного зарядженого диска, не дуже близько до його країв, поле приблизно однорідне.

Наприкінці пояснення теми вчитель за допомогою ППЗ пропонує учням закріпити новий матеріал, продивившись відеофрагмент «Демонстрація силових ліній поля». Дослід наочно показує форму силових ліній електростатичного поля біля електродів різної форми. Частинки манної крупи, яка розташована в маслі, розміщуються уздовж силових ліній.

Вчитель звертає увагу учнів на форму ліній біля точкового електроду, що емітує точковий заряд (рис. 5а) і між двома електродами, емітуючи конденсатор (рис. 5б).

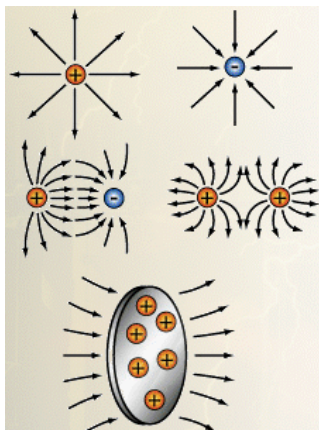


Рис. 4. Силові лінії електричного поля

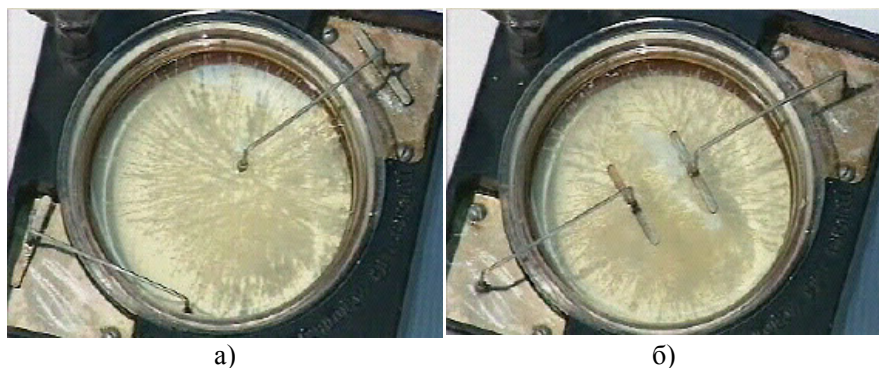


Рис. 5. Відеодемонстрація силових ліній: а) від електроду точкової форми; б) від двох плоских конденсаторів

Після пояснення учням теоретичного матеріалу, вчитель, для закріплення вивченого, розв'язує на дошці задачі, в яких використовує новий матеріал. Після цього він проводить самостійну роботу за допомогою електронного посібника, який також містить завдання для самоперевірки. Ці завдання виступають у вигляді навчальних задач. Наприклад, учень, натиснувши гіперпосилання «задача №...», може ознайомитися з умовами цієї задачі та розв'язати її будь-яким зручним для нього способом (рис. 6). Отриманий результат учень заносить у поле вводу та отримує повідомлення про правильну відповідь. Якщо відповідь невірна, уч-

ню пропонується вибрати одне з чотирьох гіперпосилань:

- «умова» – умова задачі;
- «теорія» – учень має можливість ще раз ознайомитися з теорією, якої стосується певна задача;
- «розв’язок» – докладний та покроковий опис розв’язку задачі;
- «відповідь» – правильна відповідь.

The image shows a screenshot of a digital learning interface. On the left, there is a box titled 'УСЛОВИЕ' (Condition) and 'РЕШЕНИЕ' (Solution). The 'УСЛОВИЕ' section contains the text of a physics problem: 'Упомянутую в условии прямую назовем осью X, начало отсчета поместим в центр кольца. Ось X является осью симметрии задачи. Любые два элемента кольца, расположенные симметрично относительно его центра, создают результирующую напряженность поля в точке на оси X, направленную вдоль этой оси. Введите величину напряженности поля на оси X в точке M (с точностью до двух знаков после запятой) для R = 3 см, Q = 2,5·10⁻¹¹ Кл, |OM| = 4 см:'. Below the text is an input field for the answer: $E_x = \text{[input box]} \text{ В/м.}$. At the bottom of the box, there are labels 'НЕПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ' and 'ПРАВИЛЬНЫЙ'. On the right side, there is a video player titled 'Напряженность электрического поля'. The video content shows a 3D visualization of electric field lines (силовые линии) around two rings of charge, with text explaining that the lines are continuous and tangent to the direction of the field at every point. Below the video, there are two bullet points: '• Задача 1' and '• Задача 2'.

Рис. 6. Умова задачі з полем вводу відповіді

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших пошуків. Інноваційна методика вивчення певної теми, запропонована у дослідженні, доводить доцільність і необхідність використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій у навчально-виховному процесі з фізики.

Інформаційно-комунікаційні технології допомагають наочно та з більшою ефективністю вивчати та досліджувати фізичні процеси і явища, властивості всесвіту. Тому їх роль і надалі буде зростати та набувати значного впливу на діяльність учасників навчально-виховного процесу.

Перспективи подальших пошуків полягають у розробці комп’ютерних моделей фізичних процесів і явищ, що значно підвищить якість засвоєння навчального матеріалу.

Література

1. Бугаев А. И. Методика преподавания физики в средней школе : Теоретические основы / Бугаев А. И. – М. : Просвещение, 1981. – 288 с.

2. Бугайов О. І. Комп'ютерна підтримка курсу фізики в середній школі: реальність і перспективи / Бугайов О., Коваль В. // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №3. – С. 16–19.
3. Глазунов А. Т. Методика преподавания физики в средней школе : Электродинамика нестационарных явлений. Квантовая физика : [пособие для учителя] / А. Т. Глазунов, И. И. Нурминский, А. А. Пинский ; под ред. А. А. Пинского. – М. : Просвещение, 1989. – 272 с.
4. Державний стандарт базової і повної середньої освіти // Освіта України. – 20 січня 2004 р. – 2004. – № 5 (500). – С. 8–11.
5. Довідник учителя фізики, астрономії в запитаннях та відповідях / Авт. упоряд. О. В. Хоменко. – Х. : Веста; Ранок, 2006. – 480 с.
6. Жалдак М. І. Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики : посібник для вчителів / Жалдак М. І., Лапінський В. В., Шут М. І. // Вкладка газети «Інформатика». – 2004. – С. 41–48 (281–288).
7. Жалдак М. І. Комп'ютер на уроках фізики : посібник для вчителів / Жалдак М. І., Набочук Ю. К., Семещук І. Л. – Рівне : ТЕТІС, 2004. – 230 с.
8. Жук Ю. О. Викладення фізики і нові інформаційні технології навчання / Жук Ю. О. // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – №1. – С. 13-18.
9. Іваницький О. І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі / Іваницький О. І. – Запоріжжя : Прем'єр, 2001. – 266 с.
10. Коваль В. С. Комп'ютер як засіб навчання та предмет вивчення в курсі фізики старшої школи / Коваль В. С. // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г.Шевченка. Серія: педагогічні науки. – Чернігів : ЧДПУ, 2002. – №13. – Т 2. – С. 190–191.
11. Коршак Є. В. Фізика, 10 кл. : [підруч. для загальноосвіт. навч. закл.] / Є. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. Ф. Савченко. – К. ; Ірпінь : Перун, 2002. – 296 с.
12. Коршак Є. В. Фізика, 11 кл. : [підруч. для загальноосвіт. навч. зал.] / Є. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. Ф. Савченко. – К. ; Ірпінь : Перун, 2004. – 288 с.
13. Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы. / В. П. Орехов, А. В. Усова, И. К. Турышев и др. ; под ред. В. П. Орехова и А. В. Усовой. – М. : Просвещение, 1980. – Ч. 1. – 320 с.
14. Програми для профільних класів загальноосвітніх навчальних закладів з українською мовою навчання. Фізика, 10-11 класи // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – № 4. – С. 1–20.
15. Сосницкая Н. Л. Современная информационная образовательная среда как эффективное инструментальное средство изучения физики

: [монографія] / Сосницькая Н. Л., Самойленко П. И., Волошина Е. А. – М. : АПК и ППРО, 2009. – 216 с.

16. Сумський В. До питання про електронні підручники майбутнього / Вадим Сумський, Роман Воловий, Світлана Мисловська, Наталія Мислицька, Петро Чернійчук // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – №5. – С. 39–45.

17. Сумський В. Підручник «Фізика-7 + комп'ютер» буде дорожче, зате більш інформативним / Вадим Сумський, Світлана Мисловська // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – № 2. – С. 43–46.

18. Теплицький І. О. Методика ознайомлення школярів з поняттям фазового простору в курсі фізики / Теплицький І. О., Семеріков С. О. // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету : Серія педагогічна. Випуск 9 : Методологічні принципи формування фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх вчителів фізики та астрономії. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2003. – С. 163-165.

19. Фізика, 10-11 кл. : програми для профільних класів загальноосвіт. навч. закладів з укр. мовою навч. / [О. Бугайов, М. Головка, Л. Зако-та та ін.]. – К. : Пед. преса, 2004. – 144 с.

Наукове видання

**Теорія та методика навчання
математики, фізики, інформатики**

Випуск VIII

В 3-х томах

Том 2

Підп. до друку 16.03.10
Папір офсетний №1
Ум. друк. арк. 22,7

Формат 80×84 1/16
Зам. №2-1063
Наклад 300 прим.

Жовтнева районна друкарня
50014, м. Кривий Ріг, вул. Електрична, 5
Тел. (0564) 407-29-02

E-mail: semerikov@gmail.com