

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Факультет электронно-информационных систем
Кафедра физики

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Республиканской
научно-методической конференции
«Физика в учреждениях образования: научные,
методические и прикладные аспекты»
12–13 октября 2023 года
г. Брест, Республика Беларусь

Брест 2023

УДК 371.32:53(063)
ББК 74.480.46л0
С 23

Редакционная коллегия:

кандидат физико-математических наук, доцент Т. Л. Кушнер
(ответственный редактор)

кандидат физико-математических наук, доцент Н. Н. Ворсин
кандидат физико-математических наук, доцент В. И. Гладковский
кандидат физико-математических наук, доцент А. А. Гладыщук
кандидат физико-математических наук, доцент А. И. Пинчук
кандидат физико-математических наук М. М. Барковская

Рецензент:

Котловский О. А., к. п. н., доцент, доцент кафедры общей и теоретической физики учреждения образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»

С 23 Физика в учреждениях образования: научные, методические и прикладные аспекты : сб. материалов Респ. науч.-метод. конф., Брест, 12–13 октября 2023 г. / Брестский государственный технический университет ; редкол.: Т. Л. Кушнер (отв. ред.) [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2023. – 162 с.

ISBN 978-985-493-609-3

В сборник включены материалы, представленные на Республиканской научно-методической конференции, состоявшейся 12–13 октября 2023 года в учреждении образования «Брестский государственный технический университет».

Доклады включают результаты исследований по методике преподавания физики и дисциплин физического профиля; рассматривают актуальные вопросы по техническому и методическому обеспечению физического лабораторного практикума; отражают современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин.

УДК 371.32:53(063)
ББК 74.480.46л0

ISBN 978-985-493-609-3

© Издательство БрГТУ, 2023

**КОМПОНЕНТ ОПТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ
В КОМПЛЕКСНЫХ ЗАДАЧАХ ПО ФИЗИКЕ***А. А. Гладыщук, Т. Л. Кушнер, О. Ф. Савчук**Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь**Памяти Николая Игнатьевича ЧОПЧИЦА*

Решение задач, являясь неотъемлемой частью процесса обучения физике, формирует у студентов практические умения по применению полученных знаний. Для преподавателя это эффективное средство диагностики и контроля степени усвоения знаний обучающимися.

Комплексные задачи по физике, созданные доцентом Н. И. Чопчицем [1–4], помогли реализовать на кафедре физики Брестского государственного технического университета очень важную идею в преподавании: на едином материале комплексной задачи рассмотреть достаточное количество физических ситуаций, относящихся к конкретной изучаемой теме. Реализация этой идеи доказала очевидные преимущества такой методики при проведении практических занятий в учебной группе студентов, обучающихся как на дневной, так и на заочной формах получения образования [5, 6]. Особенно оправдана парадигма использования комплексных задач в техническом вузе, так как они, несомненно, способствуют развитию творческих и интеллектуальных способностей обучающихся.

В связи с тем, что в последнее время разделу «Оптика» в общем курсе физики для технических вузов, согласно учебным программам, отводится недостаточное количество часов и большая часть материала выносится на самостоятельную работу, решение комплексных задач по оптике становится важным фактором как в понимании оптических явлений, так и в усвоении этого раздела физики студентами. В данной работе рассматриваются примеры задач по трем темам: «Геометрическая оптика. Построение в тонких линзах», «Дифракция света» и «Поляризация света». Приведем условия задач на обозначенные темы.

Задача на тему «Геометрическая оптика. Построение в тонких линзах»

Оптическая система состоит из сферических двояковыпуклой и двояковогнутой линз и плоскопараллельной круглой стеклянной пластинки (рисунок 1).

Цифрой 1 обозначена двояковыпуклая (собирающая) сферическая линза из стекла с показателем преломления $n = 1,5$ и радиусами ограничивающих линзу сферических поверхностей радиусами R_1 (слева) и $1,2R_1$ (справа) соответственно.

Цифрой 2 обозначена двояковогнутая (рассеивающая) сферическая линза из стекла с тем же показателем преломления и радиусами ограничивающих поверхностей R_3 (слева) и $0,8R_3$ (справа) соответственно.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Цифрой 3 обозначена круглая плоскопараллельная пластинка толщиной h из стекла с тем же показателем преломления.

Диаметры всех элементов оптической системы одинаковы и равны D' . Расстояние между отдельными элементами равны a_1 и a_2 .

На оси симметрии оптической системы слева находится точечный источник S , расстояние от которого до крайнего левого элемента системы равно b .

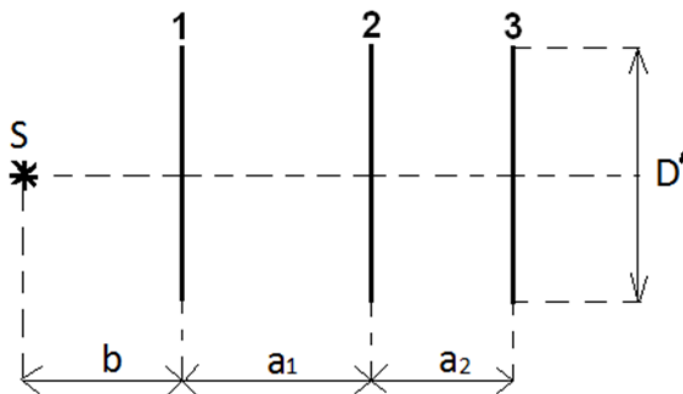


Рисунок 1 – Пример оптической системы к заданию по геометрической оптике

Задание 1. Вычислите фокусные расстояния F и оптические силы D для обеих линз.

Задание 2. Найдите положение изображения точечного источника света S , расположенного на главной оптической оси, в оптической системе, состоящей из трёх элементов, указав расстояние от крайнего правого элемента, то есть находящегося последним в системе, до полученного изображения. Укажите тип изображения (мнимое, действительное) и покажите его положение схематично на рисунке.

Задание 3. Найдите диаметр светового пятна на экране, который установлен перпендикулярно главной оптической оси на расстоянии l от крайнего правого элемента оптической системы.

Задача на тему «Дифракция света. Метод зон Френеля»

Между точечным источником монохроматического света S и точкой наблюдения P (рисунок 2а) находится круглый экран, состоящий из трёх круглых секторов, непрозрачные участки сегментов которых кратны углам $\frac{\pi}{2}$ (на рисунке 2б обозначены темным цветом). Центр круглого экрана находится на оси SP . Экран установлен перпендикулярно оси SP . Число зон Френеля, перекрываемых каждым сектором, задано. Значение интенсивности света в точке P в отсутствие препятствия равно I_0 .

Задание. Оцените как изменится интенсивность света I_p в точке P после дифрагирования света на круглом экране с сегментальными отверстиями? Ответ выразить в виде отношения $\frac{I_p}{I_0}$. Расчёт выполнить в приближении сферической световой волны (дифракция Френеля).

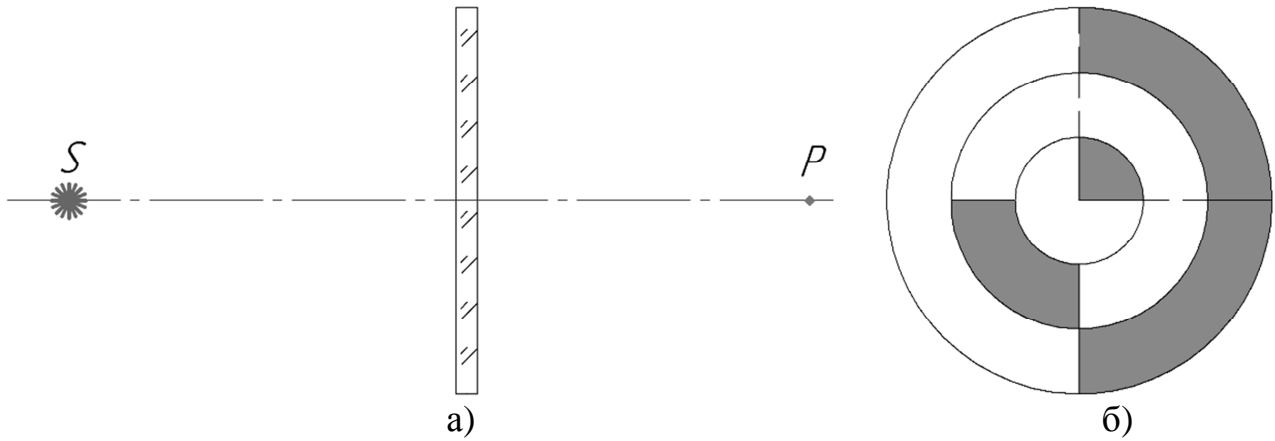


Рисунок 2 – а) Взаимное расположение точечного источника света S , точки наблюдения P и круглого экрана с сегментальными отверстиями; б) Круглый экран с сегментальными отверстиями

Задача на тему «Поляризация света»

На рисунке 3 изображена система, состоящая из трёх установленных друг за другом поляризаторов, 1-й и 2-й из которых являются несовершенными, а 3-й – идеальным. Коэффициенты пропускания света в плоскости поляризации у несовершенных поляризаторов соответственно равны α_1 и α_2 , а в плоскости, перпендикулярной плоскости поляризации, соответственно β_1 и β_2 (поляризаторы могут располагаться в любой последовательности).

На систему падает естественный, то есть неполяризованный, с интенсивностью I_0 . Плоскость поляризации первого по расположению поляризатора ориентирована вертикально; плоскости поляризации второго и третьего по расположению поляризаторов повернуты по часовой или против часовой стрелки соответственно на углы φ и ψ относительно вертикали.

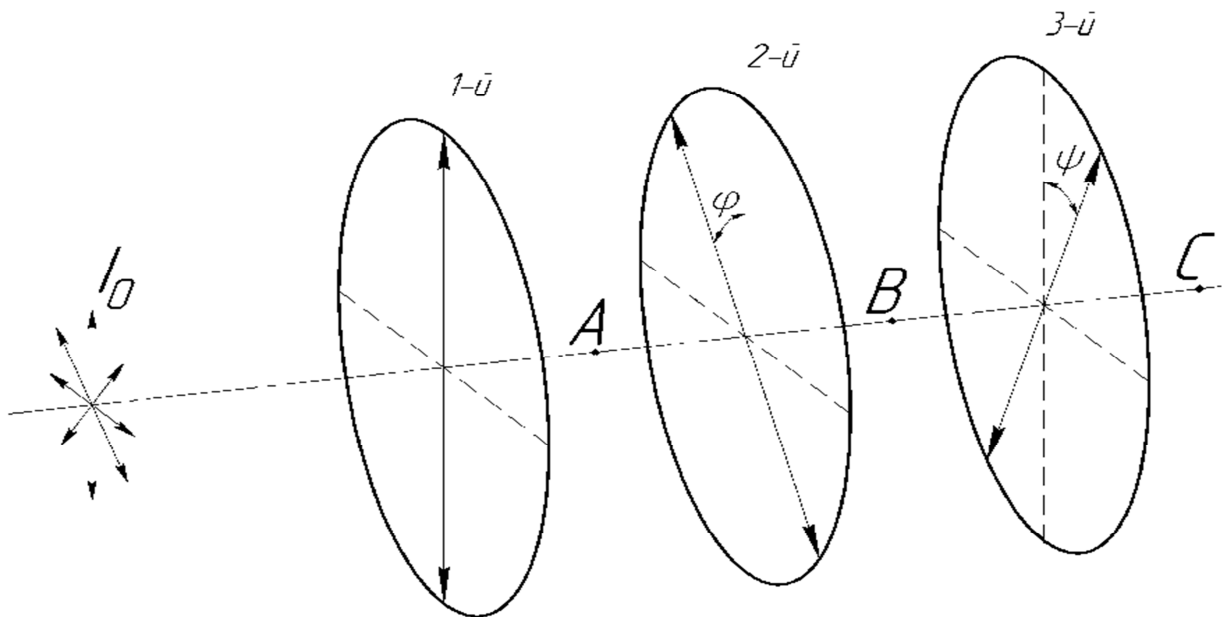


Рисунок 3 – Схематическое расположение поляризаторов

Задание 1. Найдите степень поляризации и интенсивность света в точке A после первого по расположению поляризатора, если интенсивность естественного света, падающего на поляризатор, равна I_0 .

Задание 2. Найдите степень поляризации и интенсивность света в точке B , расположенной после двух последовательно расположенных поляризаторов.

Задание 3. Найдите степень поляризации и интенсивность света в точке C , расположенной после трёх последовательно расположенных друг за другом поляризаторов.

Задание 4. Как необходимо расположить в точке C стеклянную пластинку с показателем преломления $n = 1,5$, чтобы отражённый от неё свет был максимально поляризован?

Задание 5. Как изменится интенсивность света в точке C , если между двумя из трёх поляризаторов (по выбору) поместить ампулу с право- и левовращающим практически непоглощающим свет прозрачным раствором внутри соленоида длиной L и числом витков N , по которому пропускается ток силой I ? Направление тока задайте самостоятельно.

В рамках данной публикации не представляется возможным раскрыть методику решения представленных задач. Однако многолетний опыт их использования, позволяет утверждать, что комплексные задачи по физике как одна из возможных альтернатив обладают рядом особенностей, позволяющих развивать у студентов логику, рациональность и системность мышления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чопчиц, Н. И. Комплексные задачи по физике / Н. И. Чопчиц, А. А. Гладышук, И. С. Янусик. – Брест : БрГТУ, 2014. – 108 с.
2. Чопчиц, Н. И. Современная парадигма физпрактикума по решению задач и комплексные задачи по физике / Н. И. Чопчиц, А. А. Гладышук // Методика преподавания дисциплин физического профиля в высших учебных заведениях : тезисы Республ. науч.-метод. конф. – Брест : БПИ, 1992. – С. 10.
3. Гладышук, А. А. Концепция и практический опыт преподавания физики в Брестском политехническом институте / А. А. Гладышук // Методика преподавания дисциплин физического профиля в высших учебных заведениях : тезисы Республ. науч.-метод. конф. – Брест : БПИ, 1992. – С. 18.
4. Комплексные задачи в курсе физики / Н. И. Чопчиц [и др.] // Методические материалы по вопросам преподавания физики в высшей школе республики. – Минск, 1991. – С. 114.
5. Барковская, М. М. Физика I: методические рекомендации для практических занятий по физике с индивидуальными заданиями / М. М. Барковская, А. А. Гладышук, О. Ф. Савчук. – Брест : БрГТУ, 2019. – 63 с.
6. Барковская, М. М. Физика II: методические рекомендации для практических занятий по физике с индивидуальными заданиями / М. М. Барковская, А. А. Гладышук, О. Ф. Савчук. – Брест : БрГТУ, 2020. – 54 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА УЧЕБНОЙ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

М. М. Барковская, В. И. Гладковский, А. И. Пинчук, О. Ф. Савчук
Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

В работе исследуются функциональные свойства учебной задачи по физике. В общем случае задача – это ситуация, требующая поиска выхода из неё. Задача состоит из условия и требования. В условии приводится характеристика ситуации. Требование определяет критерии выхода из ситуации. Переход от условия к выполнению требования называется решением. Задачи делятся на реальные (жизненные) и специально придуманные (учебные).

Учебной задачей по физике называется зафиксированная в условии специально сконструированная ситуация с одним требованием. Любая физическая задача представляет собой словесную модель физического явления с известными и неизвестными физическими величинами, характеризующими его [1, с. 4]. Учебные задачи необходимы для подготовки обучающихся к решению реальных задач. Такие задачи составляются для формирования (выработки и тренировки) у обучающихся умения самостоятельно находить необходимые для ее решения определенные теоретические знания по физике, применять их на практике и логически проверять полученный результат.

Из определения учебной задачи по физике следует, что она решается путем перехода от условия к требованию с применением теоретических положений, логических умозаключений и математических операций с последующей проверкой соответствия полученного решения законам физики.

Покажем это на примере нахождения молярной массы $\mu_{см}$ смеси, если известны массы m_1 , m_2 и молярные массы μ_1 , μ_2 компонентов. Смесь состоит из двух идеальных газов массой m_1 и m_2 с молярными массами μ_1 и μ_2 . Найти молекулярную массу смеси $\mu_{см}$.

Из теории известно, что масса смеси $m_{см}$ равна молярной массе $\mu_{см}$, умноженной на число молей $\nu_{см}$ смеси: $m_{см} = \nu_{см} \cdot \mu_{см}$.

Логически понятно, что число молей смеси равно сумме числа молей компонентов (если отсутствует химическое взаимодействие между компонентами смеси): $\nu_{см} = \nu_1 + \nu_2$, а масса смеси равна сумме масс компонентов: $m_{см} = m_1 + m_2$.

Тогда предыдущее выражение можно записать в виде $m_1 + m_2 = (\nu_1 + \nu_2) \cdot \mu_{см}$.

Выражая молярную массу смеси, находим что $\mu_{см} = \frac{m_1 + m_2}{\nu_1 + \nu_2}$.

По определению, число молей компонента равно отношению массы компонента к его молярной массе $\nu_1 = \frac{m_1}{\mu_1}$ и $\nu_2 = \frac{m_2}{\mu_2}$.

После подстановки этих значений в предыдущее уравнение, получим формулу для определения молярной массы смеси:

$$\mu_{см} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}}$$

Таким образом, в процессе решения данной задачи из известных теоретических положений с помощью логических выводов и математических операций была получена формула для нахождения молекулярной массы смеси. Таким образом, отпадает необходимость запоминания данной формулы в готовом виде. Следовательно, приходим к выводу, что решение физической задачи является средством получения новых знаний по физике.

Проведём логическую проверку полученного результата, используя известные положения из курса физики. Для этого необходимо вспомнить, что в 1 моль вещества содержится $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ частиц (N_A – число Авогадро). Значит, в общем случае

$$\mu = N_A \cdot m_0,$$

где m_0 – масса одной частицы (атома, молекулы, иона, электрона и т. п.). Тогда

$$\mu_1 = N_A \cdot m_{01},$$

$$\mu_2 = N_A \cdot m_{02}$$

и $m_1 = \nu_1 \mu_1 = \nu_1 N_A \cdot m_{01}$, $m_2 = \nu_2 \mu_2 = \nu_2 N_A \cdot m_{02}$.

Подставляя эти выражения в формулу молярной массы смеси, находим что

$$\mu_{см} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}} = \frac{\nu_1 N_A \cdot m_{01} + \nu_2 N_A \cdot m_{02}}{\frac{\nu_1 N_A \cdot m_{01}}{N_A \cdot m_{01}} + \frac{\nu_2 N_A \cdot m_{02}}{N_A \cdot m_{02}}} = N_A \frac{\nu_1 \cdot m_{01} + \nu_2 \cdot m_{02}}{\nu_1 + \nu_2}.$$

Введем обозначения для безразмерных весовых коэффициентов, показывающих какую часть каждый компонент занимает в смеси:

$$\alpha = \frac{\nu_1}{\nu_1 + \nu_2}, \text{ и } \beta = \frac{\nu_2}{\nu_1 + \nu_2}.$$

Тогда формула молекулярной массы смеси переписется в виде

$$\mu_{см} = N_A (\alpha \cdot m_{01} + \beta \cdot m_{02}).$$

Значения весовых коэффициентов могут варьироваться от 0 до 1, следовательно, значение молярной массы смеси лежит в пределах от μ_1 до μ_2 . Если это правило нарушено, значит задача решена неверно.

Таким образом, из сказанного выше следует, что процесс решения задач по физике обладает следующими функциональными свойствами:

- является средством получения новых знаний по физике;
- стимулирует изучение теории, потому что без знания теории вообще невозможно решение задач;
- способствует приобретению навыков самостоятельной работы;
- служит средством развития самостоятельности в суждениях;
- воспитывает волю в достижении поставленной цели, так как преодоление трудностей являются частью пути к достижению поставленной цели;
- развивает логические и математические способности, сообразительность и инициативу, настойчивость и трудолюбие, так как способности к решению учебных задач могут развиваться только в процессе их решения;
- подготавливает обучающихся к решению реальных задач, например инженерных.

Так как процесс решения задач по физике является составной частью процесса обучения, следовательно, он выполняет те же функции, что и процесс обучения, то есть образовательную, воспитательную и развивающую [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беликов, Б. С. Решение задач по физике. Общие методы : учеб. пособие для студентов вузов / Б. С. Беликов. – М. : Высшая школа, 1986. – 256 с.
2. Кокин, В. А. Система задач как один из путей повышения качества изучения физики в основной школе : диссертация к. пед. н. / В. А. Кокин. – Челябинск, 2003. – 194 с.

ВВЕДЕНИЕ МАЙНОРОВ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС НА ПРИМЕРЕ КАФЕДРЫ ФИЗИКИ ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Е. С. Боровкова, Д. О. Окунев

*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой», г. Новополоцк, Витебская область,
Республика Беларусь*

В данной статье дано краткое описание дополнительных образовательных курсов, предлагаемых кафедрой физики Полоцкого университета. Приведены планы, цели, предполагаемые достоинства и возможные проблемы при реализации индивидуальной траектории обучения учащихся высших учебных заведений.

В 2023–2024 учебном году в Полоцком государственном университете имени Евфросинии Полоцкой начинается преподавание вспомогательных учебных дисциплин в форме майноров. «Майнор» (minor – «второстепенный, незначительный») – это дополнительная образовательная программа, которая позволяет студентам выбрать область знаний, которая не входит в обязательную программу профильного обучения. Это может быть направление, не являющееся основным для студента, но которое ему интересно и которое он хочет изучить более глубоко. Впервые на постсоветском пространстве этот западный подход к обучению был использован в российском Национальном исследовательском университете «Высшая школа экономики», а затем получил распространение в других вузах [1].

Введение майноров (управление дополнительными модулями), обеспечивающих формирование результатов обучения, не связанных напрямую с направлением подготовки, в рамках которого реализуется образовательная программа, позволяет объединять в относительно большие группы студентов разных образовательных программ для освоения наиболее интересных модулей, которые могут предложить авторские коллективы университета [2]. Учащиеся, выбравшие майнор, могут получить дополнительные знания и навыки, которые могут

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

быть полезными для их будущей карьеры и для личного развития. Это возможность создать багаж базовых знаний в каком-то направлении, отличном от будущей профессиональной области. Кроме того, выбранный образовательный модуль может стать отличным способом для студента расширить свой кругозор.

В нашем университете студенты могут выбрать майноры на третьем курсе своего обучения, по одному в каждом семестре. В первом семестре предлагается перечень из 18 курсов различной тематики, которые созданы преподавателями всех факультетов, как гуманитарного, так и технического профиля.

Кафедра физики факультета компьютерных наук и электроники предлагает учебный модуль «Мир глазами физиков: от ядер до чёрных дыр», включающий две дисциплины: «Как физика объясняет мир: физические явления внутри и вокруг нас» и «Культура ядерной и экологической безопасности». В эпоху массового потребления материальных благ человек не всегда успевает задуматься о том, из чего состоят предметы, которые мы используем в жизни, почему происходит то или иное явление, как возникает какой-то эффект. При этом природа, быт, техника и всё то, что нас окружает и в нас самих происходит, подчинено единым законам происхождения и развития – законам физики. Выбрав предлагаемый майнор, студенты значительно расширят свои представления о процессах, протекающих в живой природе и промышленных установках, научатся ориентироваться в огромном разнообразии окружающих нас явлений как природного, так и искусственного происхождения, освоят принципы и получат навыки повышения безопасности собственной жизни.

Первая учебная дисциплина «Как физика объясняет мир: физические явления внутри и вокруг нас» включает лекционные и практические занятия и предназначена, прежде всего, для студентов гуманитарных (нетехнических) специальностей, у которых в профильных программах обучения отсутствуют естественно-научные дисциплины, в том числе физика. Цели данного майнора состоят в том, чтобы познакомить учащихся с отличительными признаками научного знания и его ценностью, дать понятие физических методов изучения природы, научить студентов использовать основные закономерности физической науки для понимания различных классов явлений мироздания, познакомить студентов с главными вехами развития фундаментального и прикладного физического знания, попытаться начать формирование естественно-научного мировоззрения и пр. Студенты, выбравшие для изучения данный майнор, найдут ответы как на простые вопросы важные для понимания явлений и событий повседневной жизни, так и научатся понимать суть, причины и содержание современных глобальных проблем окружающего мира.

Вторая дисциплина «Культура ядерной и экологической безопасности» данного модуля, цель которой состоит в формировании на основе изучения характеристик и свойств электромагнитных и ядерных излучений ядерной и экологической культуры жизнедеятельности человека. Курс, состоящий из лекционных и практических занятий, нацелен главным образом на ту же аудиторию студентов нетехнических специальностей. Но не только на них – наличие на кафедре

физики современного и чувствительного дозиметрического, радиометрического и спектрометрического оборудования позволяет сделать этот курс весьма полезным и для студентов, получающих техническое образование. Несмотря на то, что у учащихся всех специальностей в обучении присутствует изучение вопросов радиационной безопасности, количество академических часов, выделяемых на эти цели, снижается с каждым годом. Поэтому в рамках профильного образования нет возможности более детального рассмотрения ряда очень интересных вопросов ядерной безопасности. Кроме того, студенты нетехнических специальностей по своим учебным планам не выполняют лабораторные работы по радиационной безопасности. Эти причины, а также развитие ядерной энергетики в Беларуси, делают учебную программу дополнительного образования с углубленным лабораторно-практическим изучением аспектов ядерной и радиационной культуры, актуальной для всех студентов.

Какие сложности мы ожидаем при реализации данных майноров? Выбор майнора может быть не самым простым процессом, особенно если студент не уверен, что ему действительно интересно изучать выбранную область знаний – может возникнуть проблема дальнейшей мотивации студента при обучении. Общения со студентами уже показало, что часть учащихся не уделили этому основополагающему этапу достаточного внимания – выбирали курсы по уже изучавшимся ими дисциплинам, рассчитывая на то, что таким образом будет проще освоить майнор, либо вовсе выбирали первый попавшийся. Вопросы увлекательности, полезности и сложности курса также зависят и от способности преподавателя адаптировать привычные для него, и нередко непростые, темы для неподготовленной аудитории. Новизна данного подхода является серьёзным вызовом для преподавателя [3].

Также, поскольку для изучения майноров в нашем университете у студентов третьего курса выбран отдельный учебный день, с небольшим общим количеством занятий, то, естественно, это повысит учебную нагрузку для них в остальные дни.

Мы надеемся успешно преодолеть возможные проблемы, планируем создать интересные, полезные и развивающие курсы дополнительного образования. Полагаем, что данный опыт будет важным этапом обучения наших студентов, будущих выпускников, а также новым и увлекательным аспектом в работе наших преподавателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майноры и МАГОЛЕГО как возможность выбора траектории обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spb.hse.ru/news/477076480.html>. – Дата доступа: 02.09.2023.
2. Князев, С. Т. Образовательная политика вуза как инструмент модернизации образовательной деятельности / С. Т. Князев, В. С. Третьяков, А. Л. Неволина // Университетское управление : практика и анализ. – 2016. – № 102 (2). – С. 26–34.
3. Современная наука, общество и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации: монография / под общ. ред. Г. Ю. Гуляева – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2022. – 250 с.

АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ ЧЕРЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ МОДУЛЕЙ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЦИКЛА

Н. А. Бурель

*Государственное учреждение образования «Средняя школа № 1
имени Героя Советского Союза П. А. Акуционка г.п. Шумилино»,
г.п. Шумилино, Витебская область, Республика Беларусь*

Одним из способов активизации познавательной деятельности учащихся является использование информационных и компьютерных технологий в образовательном процессе. В сравнении с традиционным уроком обучение с помощью данных технологий обеспечивает рост результативности и уровня усвоения знаний учащимися [1, 2].

Главная задача электронных учебных модулей (далее ЭУМ) – это организация учебного процесса, который повышает качество обучения. Существенное отличие ЭУМ, заключается в возможности интерактивного взаимодействия при обучении учащегося с применением компьютера [3]. Поэтому при данном виде занятий с помощью интерактивности можно улучшить мотивацию к изучению конкретного предмета или темы [1].

Применение ЭУМ предполагает обеспечение результативного обучения всех учащихся через их самостоятельность в выполнении заданий, основным условием которого является наличие образовательных интерактивных, визуальных технологий с обратной связью «учащийся – учитель – учащийся».

ЭУМ может быть создан при поддержке специальных программ. Я использую программу «iSpringSuite 10», с помощью которой можно создавать интерактивные материалы, позволяющие изучать теорию в условиях диалога, выполнять различные задания, упражнения, проверочные текущие и итоговые тесты. Графика, анимация, видео, аудио и многое другое позволяют сделать учебный материал интерактивным и наглядным, создать условия быстрого нахождения необходимой информации. Компьютерные упражнения и контроль в виде теста (промежуточного или итогового) стимулируют и вносят оживление, дают возможность учащимся понять свой уровень усвоения учебного материала, проработать ошибки. Кроме того, ЭУМ позволяет выполнять в домашних условиях более эффективно практические задания, осуществлять контроль собственных знаний, умений, навыков в своём индивидуальном темпе.

На данный момент мной разработаны четыре электронных учебных модуля: «Действия с дробями»; «Тепловые явления»; «Физика атома». «Физика атомного ядра»; «Физические методы познания природы» (рисунок 1).

Для каждого модуля предусмотрена инструкция, цели. ЭУМ включает информационную (теоретическую) часть, совмещённую с практической. При прохождении контрольной части ЭУМ осуществляется оценка деятельности учащегося, есть возможность просмотра ошибок.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации



Рисунок 1 – Электронные учебно-методические модули

ЭУМ «Действия с дробями» содержит материалы для проведения учебных занятий по математике в 5 классе и состоит из двух блоков – практического и теоретического. Материал соответствует учебной программе по предмету «Математика». В данный ЭУМ вошли разделы: «Сложение и вычитание дробей с одинаковыми знаменателями»; «Сложение и вычитание дробей с разными знаменателями»; «Сложение и вычитание смешанных чисел»; «Умножение дробных чисел; деление дробных чисел».

ЭУМ «Действия с дробями» позволяет изучать самостоятельно каждую тему отдельно, а также предполагает выполнение теста по каждой из тем. Теоретический материал сопровождается заданиями с одним правильным вариантом ответа, который выбирается нажатием картинки или перетягиванием правильного ответа на задание (рисунок 2). В зависимости от выбранного ответа учащийся слышит звуковой сигнал, по которому может определить правильность своего выбора.

Тестовая часть модуля состоит из заданий с вариантами ответа. Учащийся видит свои результаты по выполнению теста в процентах, может просмотреть свои ошибки.



Рисунок 2 – Примеры заданий из УЭМ «Действия с дробями»

ЭУМ «Тепловые явления» (рисунок 3) и «Физика атома. Физика атомного ядра.» (рисунок 4) предназначены для изучения физики в 8-м и 11-м классах. ЭУМ состоят из двух блоков – теоретического, с закреплением пройденного, и контролирующего материала [5, 6].

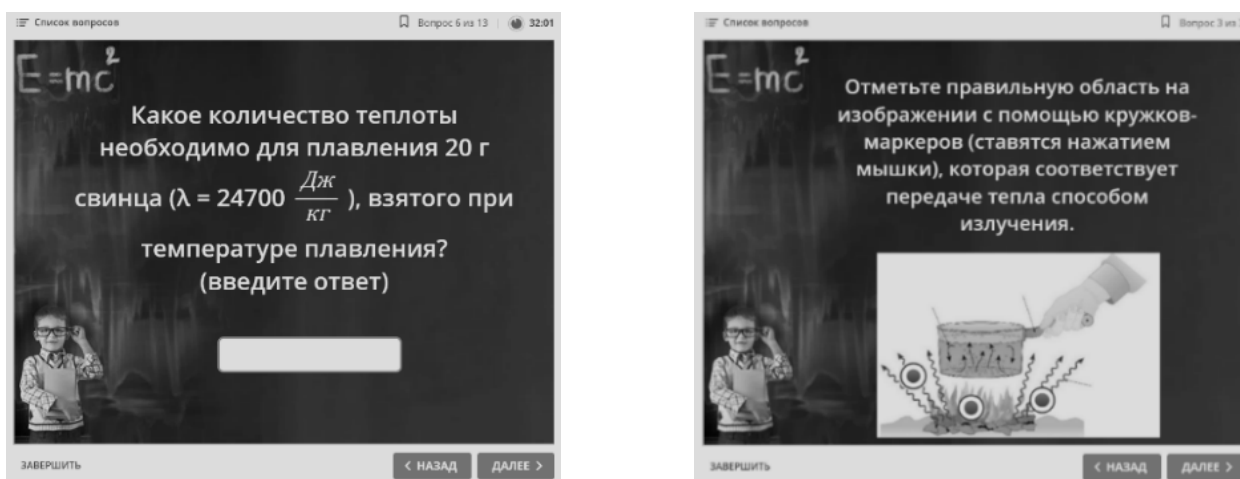


Рисунок 3 – Примеры заданий из УЭМ «Тепловые явления»

При изучении теоретической части учащийся самостоятельно изучает предложенный материал, переходя поэтапно по кнопке «Далее». В каждом разделе после знакомства с теоретическим материалом предлагается выполнить практическое задание для закрепления. Эти задания оцениваются программой словесно в виде звуков, означающих одобрение или предложение попробовать выполнить задание ещё раз. При изучении новой темы осуществляется повторение предыдущего материала, рассматривается подробное решение основных задач по данной теме.

Контрольный тест по изученной теме для 8 класса разрешено пройти только один раз, время прохождения теста ограничено.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

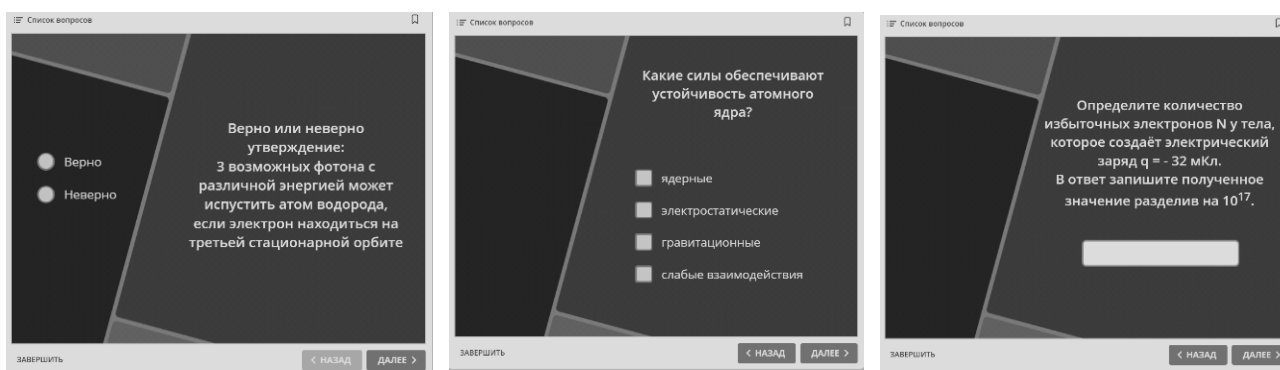


Рисунок 4 – Примеры заданий из ЭУМ «Физика атома. Физика атомного ядра»

Время прохождения теста для 11 класса и количество попыток не ограничено. При прохождении теста компьютер выбирает 10 заданий из 50 заложенных в тесте. Задания и варианты ответов перемешиваются. В каждом тесте обязательно необходимо ввести фамилию, имя, класс с указанием буквы. Контрольный тест представляет собой разноуровневые задания по типу сложности: задания с выбором одного (нескольких) ответов; задания на соответствия; задания с введением числового (текстового) ответа; задания с дополнением нужного слова в предложение; задания на правильную последовательность; задания на выбор правильного фрагмента области. После завершения контрольного теста учащийся получает результат в процентах. Учащийся имеет возможность просмотра правильных ответов и своих ошибок. Результаты теста с подробным отчётом приходят на электронную почту учителя при условии прохождения теста.

Почта для проверки результатов тестов ЭУМ «Тепловые явления»: Email: fizika8ym@mail.ru; пароль: teplo8test. Почта для проверки выполненных тестов ЭУМ «Физика атома»: Email: ctfizika@gmail.com; пароль: no913f05.

ЭУМ «Физические методы познания природы» содержит материалы для проведения учебных занятий по физике в 7 классе. Данный ЭУМ включает в себе зоны теоретического материала с элементами взаимодействия по средствам анимации и игровых элементов.

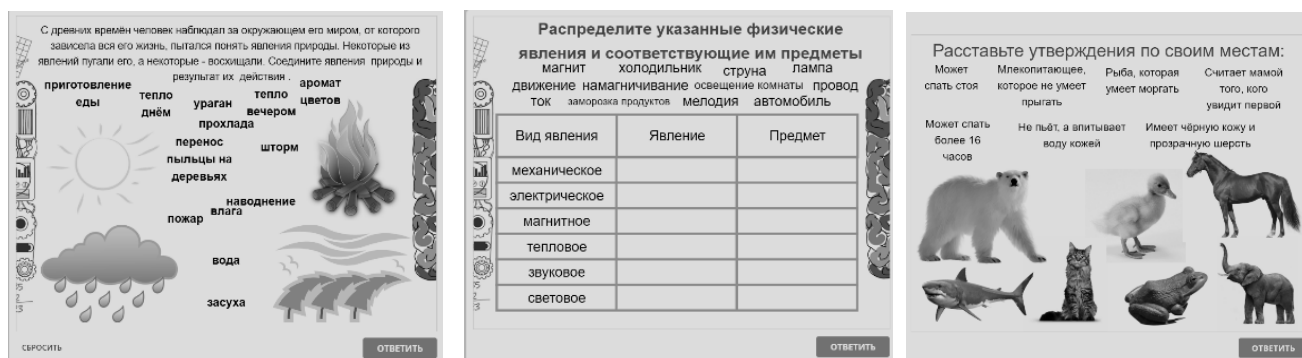


Рисунок 5 – Примеры заданий из ЭУМ «Физические методы познания природы»

Благодаря ЭУМ процесс обучения станет более увлекательным. Решение задач подаётся в игровой форме с использованием обратной связи. Дополнительно осуществляется контроль качества восприятия материала. В данном ЭУМ осуществляется взаимосвязь между различными учебными предметами, благодаря чему достигается целостность обучения и развития у учащихся представления о природных явлениях и процессах, что в свою очередь, делает полученные знания более ценными и применимыми в разных областях повседневной жизни.

Для работы с данными ЭУМ не требуется установки специальных программ, достаточно на компьютере установить любой браузер, через который и будет открываться модуль.

ЭУМ помогает совершенствовать, улучшать качество образовательного процесса, вносит оживление в коммуникацию учителя с учениками, а также, позволяет проводить дистанционное обучение, развивает систему непрерывного образования. Благодаря ЭУМ открываются возможности для осуществления обучения в индивидуальном темпе учащегося, в соответствии с его личностными качествами и возможностями. Использование ЭУМ на учебных занятиях является одним из примеров внедрения новых инновационных технологий в образовательный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по разработке электронного учебно-методического комплекса для дистанционного обучения / Н. И. Потапенко [и др.]. – Минск, 2012. – 23 с.
2. Карасик, А. Л. Дидактические особенности обеспечения наглядности обучения средствами информационных технологий : дисс. ...канд. пед. наук / А. Л. Карасик. – М., 2007. – 234 л.
3. Кривошеев, А. О. Разработка и использование компьютерных обучающих программ: учебник / А. О. Кривошеев // Информационные технологии. – 2001. – № 2. – С. 14–17.
4. Действия с дробями: электронный учебный модуль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://drive.google.com/drive/folders/1ksS8DAk8KULMIvdFMOjWwmaSY232l09f?usp=share_link. – Дата доступа: 12.09.2023.
5. Тепловые явления: электронный учебный модуль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://drive.google.com/drive/folders/1Mds3IpqQgUe99jau375C WIsR3TbE8_Ru?usp=share_link. – Дата доступа: 12.09.2023.
6. Физика атома: электронный учебный модуль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://drive.google.com/drive/folders/1ougm8aoynz1QZrVXrxPR1_fV_38pJcSL?usp=share_link. – Дата доступа: 12.09.2023.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА – КОМПЛЕКСНАЯ ЗАДАЧА
ПО ФИЗИКЕ В 11 КЛАССЕ ПО ТЕМЕ «ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА»**

Л. А. Величко¹, С. В. Чугунов¹, Э. В. Чугунова²

¹*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

²*Государственное учреждение образования «Гимназия № 4 города Бреста», г. Брест, Республика Беларусь*

Лабораторные работы по физике являются одной из важнейших форм организации учебного процесса. Их содержание непосредственно связано с пониманием и осмыслением теоретического учебного материала по физике. Они дополняют другие виды учебного эксперимента: демонстрационные опыты учителя, домашние экспериментальные задания, решение задач с применением наблюдений и опытов и др. Лабораторные работы способствуют осуществлению связи теории и практики, формируют у учащихся умение применять знания по физике для объяснения явлений природы, решения физических задач, содействует развитию мышления учащихся [1].

Учебная программа по физике в 7 классе предполагает проведение шести лабораторных работ, в 8 классе – семи работ, в 9 классе – двенадцати лабораторных работ, в 10 классе проводится четыре работы (базовый уровень) и пять в классах, изучающих физику на повышенном уровне.

Учебная программа по физике в 11 классе предполагает проведение шести лабораторных работ как в классах с базовым уровнем, так и в классах, изучающих физику на повышенном уровне. Последняя лабораторная работа по разделу «Оптика» выполняется ориентировочно в начале третьей четверти. При изучении оставшихся пяти разделов учебного материала учебная программа по физике не предусматривает проведение лабораторных работ. Этот пробел, на наш взгляд, можно и нужно устранить.

Мы предлагаем в классах, изучающих физику на повышенном уровне провести расчетную лабораторную работу после изучения раздела «Ядерная физика и элементарные частицы».

Представленная лабораторная работа имеет классическую структуру, аналогичную структуре лабораторных работ в учебном пособии для 11 класса учреждений общего среднего образования, содержит задания для самостоятельного выполнения, контрольные вопросы и суперзадание. Данная лабораторная работа не предполагает измерений, то есть является аналогом комплексных задач, в которых задания расположены по уровням сложности [2]. Для того чтобы у каждого учащегося была возможность выполнить лабораторную работу самостоятельно, мы предлагаем использовать таблицу с исходными данными, в которой номер строки соответствует порядковому номеру учащегося согласно списку в классном журнале [3]. Далее приведем пример одной из работ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Физика элементарных частиц. Ядерная физика

Цель работы: изучение строения ядра атома и определение его дефекта масс, энергии связи и удельной энергии связи.

Принадлежности: таблица исходных данных, периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева.

Вариант задания соответствует порядковому номеру учащегося в списке класса. Согласно этому варианту необходимо выбрать соответствующую строку в таблице исходных данных.

Ядро, массой $m_{я}$, содержит Z протонов и N нейтронов. $A = Z + N$ – массовое число. Атом, содержащий ядро с указанным числом протонов и нейтронов имеет массу $m_{ам}$, где $m_{ам} = m_{я} + Z m_e$ (масса атома равна сумме масс ядра и электронов, входящих в состав атома).

1. Определите, какому химическому элементу принадлежит данное ядро (см. таблицу Д. М. Менделеева), запишите его символ с указанием массового и зарядового чисел.

2. Определите дефект массы ядра в а. е. м., используя формулу (1) и таблицу исходных данных.

При расчете массы покоя протона нейтрона в атомных единицах принять равными $m_p = 1,007277$ а. е. м.; $m_n = 1,008665$ а. е. м.

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{я} . \quad (1)$$

3. Найденное значение дефекта массы ядра переведите в килограммы, используя следующее соотношение: $1 \text{ а. е. м.} = 1,66056 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

4. Рассчитайте энергию связи ядра заданного элемента, используя формулу

$$E_{св} = \Delta m \cdot c^2 , \quad (2)$$

где Δm – дефект массы, выраженный в килограммах; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – скорость света.

5. Полученное значение энергии связи переведите в МэВ, используя следующее соотношение $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

6. Определите удельную энергию связи ядра данного химического элемента, используя формулу

$$\varepsilon = \frac{E_{св}}{A} . \quad (3)$$

7. Сделайте выводы.

8. Ответьте на контрольные вопросы.

1. Из каких частиц состоит атом и ядро?
2. Что называют изотопами химического элемента?
3. Что определяет удельная энергия связи ядра?

Суперзадания

1. Какая часть радиоактивных ядер распадается за время, равное трем периодам полураспада?

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

2. Определите дефект массы ядра в а. е. м. вторым способом, используя массу атома $m_{ат}$ из таблицы исходных данных.

При расчете массы покоя нейтрона и атома водорода в атомных единицах принять равными: $m_n = 1,008665$ а. е. м., $m_H = 1,007825$ а. е. м.

3. Сравните найденное значение удельной энергии связи ядра данного химического элемента со значением энергии связи урана 7,6 МэВ/нуклон. Сделайте вывод об устойчивости (прочности) этих ядер.

Таблица исходных данных

№ варианта	Число протонов Z	Число нейтронов N	Масса ядра $m_я$ (а. е. м.)	Масса атома $m_{ат}$ (а. е. м.)
1	6	6	11,9967	12,0000
2	16	20	35,9583	35,9671
3	18	18	35,9576	35,9675
4	10	10	19,9869	19,9924
5	14	14	27,9692	27,9769
6	18	22	39,9525	39,9624
7	7	8	14,9963	15,0001
8	19	21	39,9536	39,9640
9	20	20	39,9516	39,9626
10	6	7	13,0001	13,0034
11	10	11	20,9883	20,9938
12	18	20	37,9528	37,9627
13	20	23	42,9478	42,9588
14	14	15	28,9688	28,9765
15	8	9	16,9947	16,9991
16	14	16	29,9661	29,9738
17	20	26	45,9427	45,9537
18	7	7	13,9993	14,0031
19	22	24	45,9405	45,9526
20	10	12	21,9859	21,9914
21	23	27	49,9346	49,9472
22	24	26	49,9329	49,9461
23	22	28	49,9327	49,9448
24	8	8	15,9905	15,9949

Проведение такой лабораторной работы, на наш взгляд, способствует систематизации учащимися изученного теоретического материала и формированию целостной физической картины по разделу «Ядерная физика и элементарные частицы», а также дает представление о лабораторных работах, проводимых в стенах технических вузов, где частично используются аналогичные методы организации лабораторных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугунов, С. В. Некоторые проблемы при проведении лабораторных работ на уроках физике в средней школе / С. В. Чугунов, Э. В. Чугунова // Проблемы совершенствования подготовки будущих преподавателей физики : сб. материалов регион. науч.-метод. семинара, посв. 100-летию со дня рождения Л. Е. Курбако, Брест, 12–13 ноября 2020 г. – С. 79–81.

2. Чугунов, С. В. Лабораторная работа по физике в 11 классе по теме «Физика элементарных частиц. Ядерная физика» / С. В. Чугунов, Э. В. Чугунова // Актуальные вопросы общей и теоретической физики, физики конденсированных сред и астрофизики : сб. материалов регион. науч.-практич. семинара, посв. 70-летию со дня рождения А. Ф. Ревинского, Брест, 12–13 апреля 2022 г. / под общ. ред. А. В. Демидчика. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 129–131.

3. Радиационная безопасность. Конспект лекций и лабораторный практикум / К. И. Русаков [и др.] // Издательство БрГТУ. – Брест : БрГТУ, 2012. – 143 с.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

С. В. Габрусёнок

*Государственное учреждение образования «Лицей г. Новополоцка»,
г. Новополоцк, Витебская область, Республика Беларусь*

Так как мы живём в информационном обществе, современный урок невозможно представить без информационных технологий (далее ИТ). Эффективность применения информационных технологий в обучении физике во многом зависит от того, насколько методически грамотно и педагогически оправдано их включение в структуру образовательного процесса. В каждом конкретном случае учителю физики приходится самостоятельно определять, с какой целью и как использовать ИТ на занятиях, для решения каких образовательных или воспитательных задач он обращается к тому или иному виду ИТ, какой педагогический результат надеется получить [1].

Использование информационных технологий в образовательном процессе делает обучение более содержательным, наглядным, способствует развитию самостоятельности и творческих способностей обучаемого, существенно повышает уровень индивидуализации обучения [2].

Преподавание физики (в силу особенностей самого предмета) представляет собой благоприятную среду для применения современных информационных технологий, которые открывают большие возможности для достижения поставленных целей и решения широкого круга задач, как для учителя, так и для ученика.

Цели:

- профессиональный рост учителя;
- совершенствование качества и эффективности обучения физике;

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

– развитие логического мышления, познавательного интереса и творческого потенциала учащихся, их способностей к коммуникативным действиям и экспериментально-исследовательской деятельности;

– формирование представлений о процессе научного познания и умения применять самостоятельно полученные знания на практике.

Задачи:

– стимулировать мыслительную деятельность, повышать познавательный интерес учащихся при изучении физики;

– расширять кругозор учащихся в понимании физических явлений и законов;

– развивать умения и навыки решения физических задач различного типа (качественные, графические, расчётные, экспериментальные и др.);

– решать проблемы, связанные с визуализацией учебного процесса.

Направления применения информационных технологий на уроках физики:

– электронные образовательные ресурсы;

– компьютерные демонстрации и модели;

– компьютерное тестирование.

В настоящее время имеется множество электронных средств учебного назначения:

– готовые программы или приложения («Открытая физика», «Наглядная физика», «Физика: подготовка к ЦТ», видеоуроки, электронные тетради);

– разработанные самостоятельно (мультимедийные презентации, презентации с использованием Google Forms);

– образовательные интернет-ресурсы. Например, <http://profil.adu.by> [3].

Использование различных образовательных ресурсов дает возможность разнообразить формы работы на уроке за счет одновременного использования иллюстративного, статистического, методического, а также аудио- и видеоматериала на разных этапах урока:

– как способ создания проблемной ситуации (предложены физические объекты и учащимся предлагается их классифицировать, потом определяется, что лишнее, не подходящее под классификацию, этот объект и является предметом изучения на уроке);

– как способ объяснения нового материала (видео, иллюстрации, схемы, таблицы);

– как форма закрепления изученного (различные виды лабиринтов, вставить пропущенные слова, виртуальные лабораторные и практические работы);

– как форма проверки домашнего задания и знаний в процессе урока (заполнить таблицу, тестирование, рассказ по рисунку, кроссворды).

Использование мультимедийных презентаций позволяет представить учебный материал как систему ярких опорных образов, наполненных структурированной информацией в алгоритмическом порядке. Презентация представляет собой мультимедийный конспект урока, содержащий краткий текст, основные формулы, чертежи, рисунки, видеофрагменты, анимации. В этом случае задействуются различные каналы восприятия учащихся, что позволяет заложить информацию не только в фактографическом, но и в ассоциативном виде в память учащихся. Презентации могут создавать и сами учащиеся, готовя сообщения об

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

интересных явлениях или фактах биографии ученых-физиков. Ребята при этом осваивают работу с компьютером, учатся выбирать главное, обрабатывать и систематизировать информацию, правильно и грамотно выражать свои мысли. Это способствует повышению информационной компетентности учащихся, расширяется их кругозор, формируются исследовательские навыки.

Хорошо известно, что курс физики включает в себя разделы, изучение и понимание которых требует развитого образного мышления. В первую очередь речь идет о таких разделах, как «Молекулярная физика», некоторые главы «Электродинамики», «Физика атома», «Ядерная физика», «Оптика» и др. К сожалению, не все учащиеся владеют необходимыми мыслительными навыками для глубокого понимания явлений, процессов, описанных в данных разделах. Некоторые явления в условиях физического кабинета не могут быть продемонстрированы. В результате учащиеся испытывают трудности в их изучении, так как не в состоянии мысленно их представить.

Компьютерное моделирование позволяет получить наглядные динамические иллюстрации физических экспериментов и явлений. При изучении главы «Основы молекулярно-кинетической теории» рассмотреть броуновское движение, явление диффузии и зависимость скорости движения частиц от температуры удобно при помощи анимации. Учащимся при изучении данной темы трудно представить, как может двигаться частица, компьютерные модели же позволяют наглядно показать траекторию движения, увидеть процесс в динамике, что невозможно воспроизвести с помощью лабораторного оборудования.

Некоторые модели позволяют одновременно с ходом эксперимента наблюдать построение соответствующих графических зависимостей, что повышает их наглядность.

При изучении темы «Изопроцессы» компьютерные модели позволяют моделировать процессы сжатия и расширения идеального газа при фиксированном значении одного из параметров: давления, температуры, объема. При этом на графике, приведённом рядом с анимационной моделью процесса, наблюдается изменение двух остальных параметров и, следовательно, внешнего вида самого графика.

В данном случае компьютерные демонстрации и модели имеют неоценимое значение, так как:

- позволяют «сжать» временные и пространственные рамки;
- не требуют большого числа компьютеров (достаточно одного компьютера и видеопроектора или мультимедиа);
- органично вписываются в любой урок и эффективно помогают учителю и ученику [4, 5].

Проверка знаний, умений и навыков является важным элементом любого учебного процесса. Большую помощь в этом оказывают компьютерные тесты. Современные электронные учебники и интернет-ресурсы предоставляют большой выбор различных видов тестовых заданий и задач для проверки знаний. При такой форме контроля исключается возможность субъективной оценки, так как отметку выставляет «бесстрастный» компьютер. Также тесты позволяют установить необходимую обратную связь в процессе обучения, способствуют

наиболее интенсивному накоплению отметок, дают возможность проследить в динамике успеваемость каждого учащегося.

На данный момент мой профессиональный интерес к созданию интерактивных презентаций и плакатов на платформе Genial.ly с использованием возможностей Google Forms и Canva.

Интерактивный плакат – это наглядное пособие, включающий в себя различные виды информации (графику, текст, звук, анимацию) и являющийся многофункциональным современным средством обучения. Например, для организации самостоятельной работы учащихся при изучении нового материала в 11 классе по теме «Квантовые постулаты Бора» использую интерактивный плакат. Интерактивный плакат «Квантовые постулаты Бора» имеет четыре страницы, которые можно разделить на три раздела: изучаем, решаем, проверяем.

Первый раздел «Изучаем» – это информационный раздел, состоящий из двух страниц. На первой странице написана тема урока, на второй – три блока «Читаем», «Смотрим», «Пишем».

В блоке «Читаем» – ссылка на интернет-ресурсе «Профильное обучение» (<http://profil.adu.by>) в виде QR-кода. В блоке «Смотрим» – видео-лекция по теме «Квантовые постулаты Бора». В блоке «Пишем» – основа для составления конспекта.

Второй раздел «Решаем» – это раздел отработки умений и навыков. В данном блоке учащимся предложено ознакомиться со способами применения полученных знаний, а затем самостоятельно решить 5 задач по указанной теме.

Третий раздел «Проверяем» – это раздел контроля. На плакате он представлен в виде двух блоков: проверяем ответы на задачи из раздела «Решаем сами», проверяем знания по теме в виде теста. Тест выполнен в Google Forms и состоит из 5 вопросов по ранее изученному материалу. Пройти тест можно только один раз. Результат выполнения теста приходят на почту учащегося и учителя.

С помощью интерактивного плаката учащиеся анализируют, сравнивают, обобщают изученный материал, а при возникновении проблем с выполнением заданий или недопонимания некоторых изучаемых вопросов, могут вернуться к определенным разделам (частям) плаката. Использование интерактивного плаката позволяет осваивать без особых затруднений определенные научные знания, изучать физические законы и закономерности окружающего мира, проявлять творческий интерес к познанию, решению практических заданий. При этом активизируется учебный процесс, повышается мотивация учебной деятельности учащихся и результативность урока.

Считаю применение информационных технологий на уроках достаточно эффективным как для учителя, так и для учащихся. Учитель не «стоит на месте», а развивается, повышая свою компетентность в использовании современных технологий и способов обучения. У учащихся же формируются представления о процессе научного познания, умения применять самостоятельно полученные знания на практике, развивается творческий потенциал, внимательность, логика и образность мышления, способность к коммуникативным действиям, экспериментально-исследовательской деятельности. Использование информационных технологий позволяет добиться качественно более высокого

уровня наглядности предлагаемого материала, значительно расширяют возможности включения разнообразных упражнений в процесс обучения.

Таким образом, использование информационных технологий на уроках физики способствует повышению интереса учащихся к предмету и более качественному усвоению знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов, А. В. Информационные технологии в обучении физике [Электронный ресурс] / А. В. Смирнов, С. А. Смирнов. – Режим доступа: https://studref.com/699407/pedagogika/informatsionnye_tehnologii_v_obuchenii_fizike. – Дата доступа: 27.05.2023.

2. Бордовская, Н. А., Реан, А. А. Педагогика. [Электронный ресурс] / Н. А. Бордовская, А. А. Реан. – Режим доступа: https://pedlib.ru/Books/1/0152/1_0152-1.shtml. – Дата доступа: 25.05.2023.

3. Профильное обучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/699407/pedagogika/informatsionnye_tehnologii_v_obuchenii_fizike. – Дата доступа: 27.05.2023.

4. Использование Microsoft Office в школе. Учебно-методическое пособие для учителей. Физика / С. Д. Варламов [и др.] ; под ред. С. Д. Варламова. – М : ИМА-пресс, 2003. – 112 с.

5. Игнатова, И. Г. Информационные и коммуникационные технологии в образовании / И. Г. Игнатова, Н. Ю. Соколова // Информатика и образование. – 2003. – № 3. – С. 44–47.

ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

В. А. Дубовская, С. А. Лукашевич

Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь

Научный мир в области образования постоянно меняется, поскольку все больше и больше людей внедряют креативные, динамичные методы преподавания физики. Происходящие в результате изменения в методике преподавания, хотя иногда и противоречивые, могут предоставить возможности учителям, которые хотят оказать уникальное влияние на учебный процесс учащихся. Общеизвестно, что традиционное преподавание физики имеет недостатки, и часто необходим инновационный подход, чтобы привлечь внимание учащихся и учесть интересы учеников.

Технологии открывают новые горизонты для образования, которые меняют мир обучения вокруг нас. Обучение с помощью технологий продолжит трансформировать практику преподавания. Это действительно может помочь решить некоторые проблемы, с которыми сталкивается сектор образования, такие как эффективность, рабочая нагрузка, доступность и эксклюзивность.

Технологии были неотъемлемой частью поддержания и преобразования общества на протяжении многих лет, и поэтому их внедрение в образование неизбежно. Технологии по-разному трансформируют как доступность, так и методы обучения. Технологии сделали некоторые учебные задачи быстрее и проще.

Например, учитель может организовать онлайн-тест для своих учеников, который предоставит им мгновенные результаты и обратную связь. Тогда учителю не нужно оценивать и просматривать тест каждого ребенка. Учителя также могут использовать технологии для планирования отдельных групповых или индивидуальных занятий, создания персонализированного контента и поддержания контактов.

Переход от традиционной школьной среды к онлайн-платформе обучения позволяет учителям использовать интерактивные инструменты и подходы, которые понравятся учащимся.

Технология позволяет перейти от статичных учебных материалов к более динамичному интерактивному медиа-контенту. Учащиеся часто быстрее учатся и больше вовлекаются, когда они не только пассивно слушают учителя и читают учебники, но и участвуют в увлекательных академических мероприятиях.

Новые технологии предоставляют учителям большее разнообразие методов обучения и материалов. Некоторые из этих новых технологий включают мобильные образовательные приложения, платформы для совместной работы, аналитику обучения, виртуальную реальность и многие другие инновационные инструменты и подходы. Эти новые учебные материалы и методы могут помочь сделать процесс обучения намного более привлекательным и увлекательным как для учеников, так и для учителей.

Поскольку преимущества увлекательного интерактивного обучения становятся все более очевидными, использование виртуальной реальности и современных технологий в образовании расширяется. Внедрение виртуальной реальности и технологий современности в образование невероятно увлекательно и предоставит ученикам новые впечатления от погружения, которых они раньше не видели. Виртуальная реальность потенциально может стать преобразующим методом обучения как для онлайн, так и для очных форм обучения. Стоит отметить, что большинство людей не знают об использовании виртуальной реальности в классе, но это позволит учащимся получить более захватывающий и преобразующий опыт обучения как онлайн, так и в классе. Это может помочь вдохновить на более творческое мышление и взаимодействие со сверстниками и создать незабываемое обучение!

По мере того, как технологии меняются и влияют на образование, меняется и роль учителя. Акцент делается не столько на том, чтобы быть экспертом в предметной области, сколько на руководстве по навигации по всей доступной информации и технологиям. Этот новый подход к преподаванию укрепляет доверие и уважение в классе, будь то онлайн или традиционный класс.

Технологии в образовании – это больше, чем следование тенденциям; напротив, это мощный инструмент, который может обогатить и улучшить процесс образования как для учителя, так и для ученика. Использование техноло-

гий в образовании изменило процесс обучения и то, как люди сохраняют информацию. Это стало фундаментальной частью обучения, и ее разработка и применение должны быть приняты всеми педагогами таким образом, который наилучшим образом подходит им самим и их ученикам.

За последние три десятилетия различные интерактивные методы стали очень популярны. Их использование дает гораздо лучшие результаты, чем использование традиционных методов. Инновации в преподавании физики привлекли наше внимание. Как показывает личный опыт, использование образовательных платформ позволяет создавать и реализовать виртуальную образовательную среду с многообразием учебных и вспомогательных материалов, направленных на развитие творческих компетенций учащихся. При этом от учителя требуется соответствующая предварительная подготовка учебного материала (составление списка вопросов, вариантов ответов, дополнение его картинками или видеоматериалами, рассылка ссылок на гаджеты учащихся либо компьютеры и т. п.). Образовательное пространство данных ресурсов позволяет создавать обучающие и развивающие игры, что дает возможность учителям не только интересно излагать новый материал, но и проводить опросы и тестирование.

Существует множество различных способов, которыми учителя могут попытаться сделать урок более увлекательным, но все это зависит от их креативности и готовности находить новые методы обучения. Главное – внедрять новые еженедельные стратегии со своими учениками, чтобы они лучше учились, быстрее усваивали концепции и дольше запоминали информацию. В настоящее время преподавателям физики предложены разнообразные средства обучения, которые можно использовать для поддержки рассказа учителя через демонстрационный эксперимент, для поддержания наглядности в обучении. Применение электронных средств обучения на уроках позволяет заменить неровные строки и кривые линии на школьной доске четкими шрифтами и красочной графикой.

Хорошо известно, что курс физики средней школы включает в себя разделы, изучение и понимание которых требует развития образного мышления, умения анализировать, сравнивать. В первую очередь речь идет о таких разделах, как «Молекулярная физика», некоторые главы «Электродинамики», «Ядерная физика», «Оптика» и др. К сожалению, не всегда некоторые ученики владеют необходимыми мыслительными навыками для глубокого понимания физических процессов, явлений, описанных в данных разделах. В таких ситуациях на помощь приходит персональный компьютер. Использование электронных средств обучения показало, что с их помощью можно решить ряд проблем в преподавании физики.

В условия школьного кабинета физики невозможно продемонстрировать явления микромира либо протекающие процессы, либо опыты с приборами. Компьютер может не только создавать модель таких явлений, но также позволит изменить условия протекания процесса.

Анализ содержания электронных учебных изданий и сетевых информационных ресурсов показал, что в них представлен широкий спектр различных цифровых объектов, которые могут эффективно применяться при формировании у учащихся умения решать физические задачи. К таким объектам относятся:

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

- тексты задач и образцы их решения;
- графики функций;
- фотографии, рисунки, формулы;
- видеофрагменты натуральных опытов, фрагменты документальных и художественных фильмов;
- анимации, компьютерные модели (разных уровней интерактивности);
- конструкторы, тренажёры, компьютерные тексты;
- систематизирующие таблицы, таблицы физических величин, компьютерные дидактические игры.

Виды уроков с использованием электронных средств обучения разнообразны: урок решения задач с последующей компьютерной проверкой; урок-презентация, урок-исследование, урок – компьютерная лабораторная работа и др.

Отметим, что задания творческого и исследовательского характера существенно повышают заинтересованность учащихся в изучении физики и являются дополнительным мотивирующим инструментом. По указанной причине уроки последних двух типов особенно эффективны, так как ученики получают знания в процессе самостоятельной творческой работы. Учитель в таких случаях является лишь помощником в творческом процессе формирования знаний.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ КЛЮЧЕВЫХ СИТУАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «ФИЗИКА»

М. Ф. Дудойть¹, М. В. Евланов²

*¹Государственное учреждение образования «Средняя школа № 30
г. Минска», г. Минск, Республика Беларусь*

*²Государственное учреждение образования «Средняя школа № 45
г. Минска», г. Минск, Республика Беларусь*

Ключевая задача повышения качества образования – всесторонне развитие личности учащегося, в том числе его интеллектуальных способностей, способностей самостоятельно мыслить, принимать верные решения в нестандартных ситуациях, проявлять элементы творчества, уметь критически воспринимать любую информацию. Реализация вышеуказанных целей невозможна без обеспечения развивающего и проблемного обучения учащихся [1].

Средствами реализации технологии проблемного обучения выступают исследовательские и проблемные методы, которые позволяют формировать у учащихся функциональную грамотность.

Отличительная особенность применения ключевых ситуаций в образовательном процессе заключается в том, что в них хорошо «проявляются» физические законы. Некоторые ключевые ситуации способствовали открытию новых законов физики. Ключевых учебных ситуаций во всём школьном курсе физики немного (несколько десятков) и на их основе составлены тысячи. Данная методика позволяет учителю найти закономерность в той или иной ключевой ситуа-

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

ции, а затем вместе с учениками ставит ряд задач. При этом ученики учатся ставить некоторые задачи самостоятельно, овладевая на практике научным методом, что намного важнее для формирования думающих людей, чем решение уже поставленных задач. Такой подход формирует положительное отношение учащихся к учебному предмету «Физика», потому что постановка задач – это творческий и поэтому интересный процесс.

Применение ключевых ситуаций в образовательном процессе при изучении учебного предмета «Физика» позволяет сформировать у учащихся исследовательские умения, а в случае применения метода проектов – и технико-конструкторские умения [2]. Эффективность исследования ключевых ситуаций очень велика: исследование одной ключевой ситуации позволяет поставить и решить несколько десятков различных задач. Например, изучая тему «Инерция», важно поставить перед учащимися вопрос о справедливости гипотезы, выдвинутой Аристотелем о том, что тело движется только в случае, если на него действуют другие тела [3].

Таблица 1 – Технологическая карта урока

Этап урока	Предполагаемый результат (предметный)
<p>Организационно-мотивационный</p> <p>Цель: вовлечение учащихся в учебную деятельность</p>	<p>Полная готовность учащихся класса, включение учащихся в деловой ритм</p>
<p>Актуализация опорных знаний</p> <p>Цель: повторение изученного материала, который понадобится для «открытия» новых знаний</p>	<p>Формирование навыков анализа данных, представленных графически.</p> <p>Проведение демонстрационного эксперимента.</p> <p>Выбор критериев для сравнения гипотез Аристотеля и Галилео Галилея с данными, полученными при проведении эксперимента.</p> <p>Выполнение заданий на развитие способностей к проведению анализа и синтеза.</p> <p>Выявить причины возникновения равномерного движения.</p>
<p>Целеполагание</p> <p>Цель: совместная постановка учителя и учащихся цели и задач урока</p>	<p>Система наблюдений экспериментов с вагонеткой – реализация исследовательского метода.</p> <p>Выяснить, что является причиной возникновения механического движения (воздействие другого тела).</p> <p>Актуализация выводов посредством наблюдения за демонстрационным экспериментом.</p> <p>Усложнение содержания познавательных задач посредством применения самостоятельного учебного эксперимента.</p>

Продолжение таблицы 1

Изучение нового материала Цель: выявление учащимися новых умений и знаний	Развитие способностей учащихся к самостоятельному умозаключению посредством наблюдений за экспериментом. Формирование навыков проведения эксперимента. Формирование аналитического мышления. Построение логической цепочки рассуждений на основе рассуждений, наблюдений, выявления общих признаков и формулирование выводов.
Первичное закрепление Цель: освоение способов действия с полученными знаниями на практике	Развитие способностей учащихся к самостоятельным рассуждениям и умозаключениям. Построение логической цепочки рассуждений. Развитие вербальной памяти на основе применения упражнений на запоминание.
Закрепление изученного материала Цель: применение способов действий, вызывающих затруднения у учащихся	Формирование умений учащихся осуществления осознанного выбора наиболее эффективных способов решения учебных задач. Владение основами самоконтроля и самооценки.
Рефлексия Цель: самооценка результатов своей деятельности и деятельности класса в целом	Применение системы вопросов, отвечая на которые учащиеся были поставлены в условия необходимости осознания результатов своей деятельности и оценки своего вклада в достижении поставленной цели.

В результате проведенного исследования на уроке у учащихся было сформировано представление в физическом явлении «Инерция» [2]. Анализ деятельности учащихся показал, что метод исследования ключевой ситуации позволяет не только сформировать у учащихся навыки работы в парах и группах для достижения общей цели, но и способствует формированию устойчивого интереса к изучению учебного предмета в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арапов, К. А. Проблемное обучение как средство развития интеллектуальной сферы школьников / К. А. Арапов, Г. Г. Рахматуллина // Молодой ученый. – 2012. – № 8 (43). – С. 290–294.
2. Генденштейн, Л. Э. Каковы «задачи задач» в школьном курсе физики? / Л. Э. Генденштейн // Физика. – Режим доступа: <https://fiz.1sept.ru/article.php?ID=200702303>. – Дата доступа: 27.05.2023.
3. Физика. 7 класс. Методическое пособие с указаниями к решению некоторых олимпиадных задач / Л. Э. Генденштейн [и др.]. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019. – 128 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИКО-СМЫСЛОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «ФИЗИКА»

М. В. Евланов

*Государственное учреждение образования «Средняя школа № 45 г. Минска»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Физика – это наука, изучающая природу и ее явления с помощью математических моделей. Однако для многих учащихся физика может быть сложной и абстрактной дисциплиной. Чтобы помочь учащимся лучше понять физические концепции и принципы, можно использовать метод логико-смысловых моделей.

Логико-смысловые модели – это метод обучения, который позволяет учащимся визуализировать и представить физические явления с помощью конкретных объектов и ситуаций. Вместо того чтобы просто объяснять теорию и формулы, учитель ставит перед учениками задачу, которую они должны решить, используя логическое мышление и представление ситуации [1].

Алгоритм построения логико-смысловой модели:

1. Определяется ключевое слово – тема, понятие, раздел и располагается в центре схемы.

2. Определяются направления раскрытия ключевого слова (определение числа координат, их взаимное расположение).

3. Каждое направление раскрывается отдельно через ассоциативный ряд.

4. Каждое слово нужно писать печатными буквами возле линии, а каждую линию соединить с другой линией.

5. При совершении творческих действий интеллекту надо дать полную свободу (у учащихся формируются познавательные универсальные учебные действия – умение структурировать знания, умение адекватно, подробно, сжато, выборочно передавать содержание текста (умение выделять главное), определение основной и второстепенной информации) (рисунок 1).

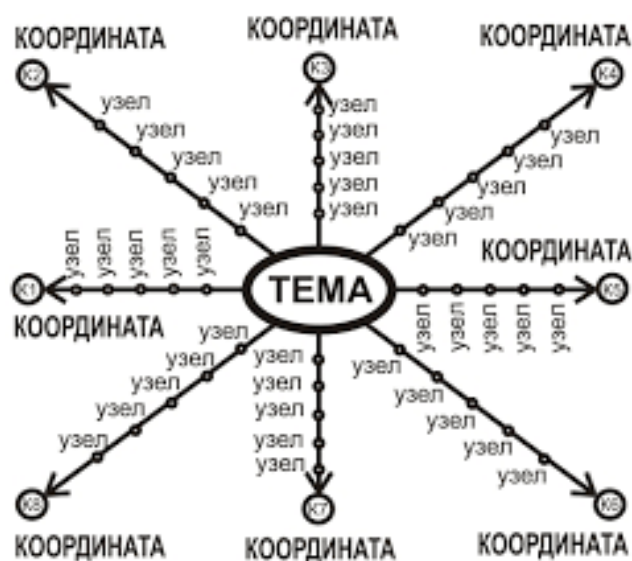


Рисунок 1 – Логико-смысловая модель (общая структура)

Применение логико-смысловых моделей на уроках физики имеет несколько преимуществ [2].

Во-первых, это помогает учащимся лучше понять физические концепции и законы. Визуализация явлений и использование конкретных объектов позволяют учащимся лучше представить себе происходящее и связать его с реальными ситуациями.

Во-вторых, использование логико-смысловых моделей развивает навыки анализа и логического мышления у учащихся. Они учатся выделять главное, анализировать информацию и находить решения на основе логических закономерностей.

В-третьих, применение логико-смысловых моделей на уроках физики позволяет учащимся развивать творческое мышление. Они могут предлагать свои варианты моделей и экспериментов, что способствует активному вовлечению в процесс обучения.

На своих учебных занятиях я использую различные задания с применением логико-смысловых моделей. Примеры некоторых из них:

1. Задание на создание модели движения тела под действием силы тяжести. Учащимся предлагается построить модель, которая покажет, как изменяется скорость и положение тела в разные моменты времени при свободном падении.

2. Задание на исследование волновых процессов. Учащимся предлагается построить модель, которая покажет, как распространяются волны в различных средах и как они взаимодействуют с преградами.

3. Задание на создание виртуальной лаборатории. Учащимся предлагается разработать виртуальную лабораторию, где они смогут проводить эксперименты с различными физическими явлениями, такими как электрические цепи или оптика.

4. Задание на моделирование физической системы. Учащимся предлагается построить модель сложной физической системы, такой как атмосфера Земли или электрическая сеть, и исследовать взаимодействие ее компонентов.

5. Задание на разработку интерактивного учебного материала. Учащимся предлагается разработать интерактивную игру или учебное приложение, которое поможет им лучше понять и запомнить физические концепции, используя логико-смысловые модели.

Составление логико-смысловых моделей позволяет ввести новые формы работы на уроке физики [3]:

– внесение дополнений и корректировка логико-смысловой модели приучает учащихся к работе с базовой и дополнительной литературой, дополнительными источниками информации;

– составление и защита своей логико-смысловой модели – прекрасная возможность составить разрешенную «шпаргалку» при подготовке к самостоятельной, лабораторной или контрольной работе;

– осуществление взаимоопроса в группах, что способствует развитию коммуникативной компетенции учащихся;

– самостоятельное изучение новой темы: если новая тема изучается на уроке, то можно заполнять узлы логико-смысловой модели непосредственно на уроке; если учащиеся уже имеют навыки работы с логико-смысловыми моделями, то

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

можно дать задания по группам прямо на уроке подготовить выступление по одной из координат либо по всем координатам, после чего коллективно происходит обсуждение и корректировка полученных логико-смысловых моделей;

– полная проработка темы по логико-смысловой модели самостоятельно дома, с ее последующей корректировкой в классе;

– проведение зачета: вместо вопросов учителем указывается конкретная координата либо узел, а учащиеся подробно рассказывают о них и отвечают на дополнительные вопросы.

Кроме того, использование логико-смысловых моделей на уроках физики позволяет учащимся применять полученные знания на практике. Они могут проводить эксперименты, моделировать различные ситуации и анализировать полученные результаты.

В 9–11 классах целесообразно использовать логико-смысловые модели при обобщении учебного материала по целому разделу. Такую логико-смысловую модель можно выстроить на протяжении нескольких уроков (например, на одном уроке – одна-две оси) либо целиком на уроке обобщения и систематизации (рисунок 2).

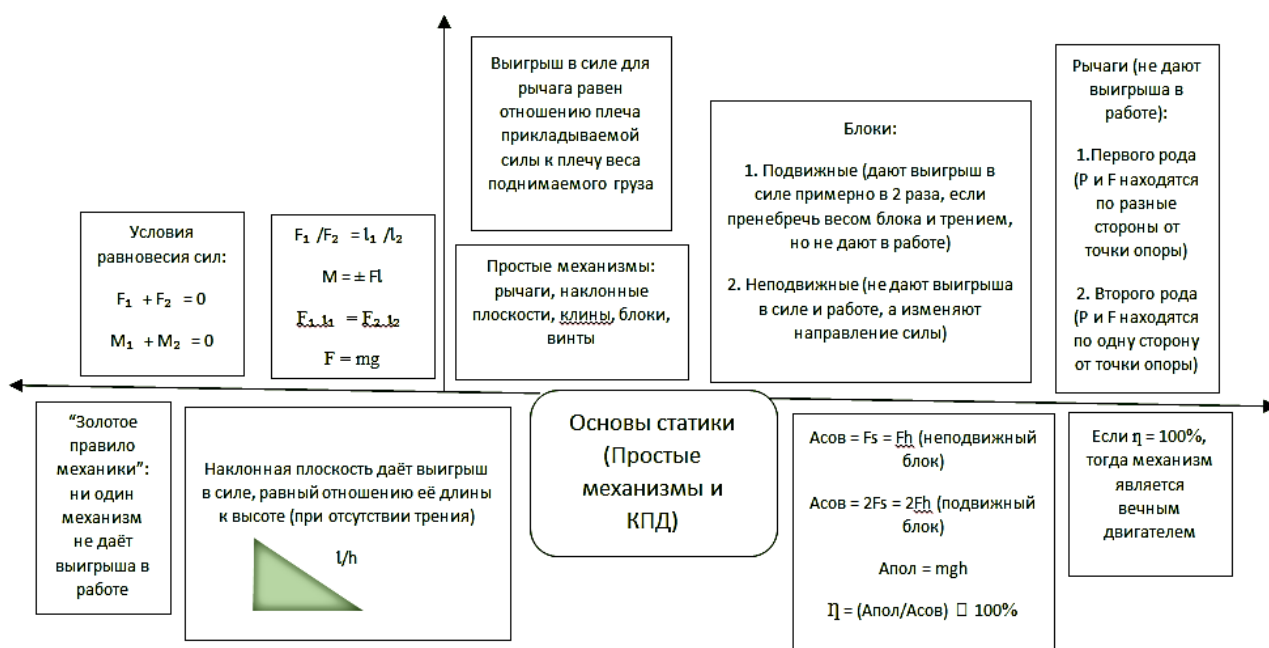


Рисунок 2 – Логико-смысловая модель по разделу «Статика»

Применение логико-смысловых моделей на уроках физики может быть осуществлено различными способами. Учитель может использовать различные объекты и материалы, проводить демонстрации и эксперименты, а также задавать учащимся задачи, требующие применения логического мышления.

В заключение, применение логико-смысловых моделей на уроках физики является эффективным методом обучения, который помогает учащимся лучше понять физические концепции и принципы [4]. Он развивает навыки анализа, логического мышления и творческого мышления, а также позволяет применять полученные знания на практике. Этот метод делает уроки физики более интересными и практичными для учащихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Запрудский, Н. И. Организация факультативных занятий в 11-летней школе : пособие / Н. И. Запрудский, А. И. Добриневская. – Минск : Зорны верасень, 2008. – 163 с.
2. Лизинский, В. М. Современный урок: особенности, подходы, диагностика/ В. М. Лизинский. – М. : Педагогический поиск, 2009. – 160 с.
3. Штейнберг, В. Э. Дидактические многомерные инструменты: теория, методика, практика / В. Э. Штейнберг. – М. : Народное образование : Школьные технологии, 2002. – 303 с.
4. Штейнберг, В. Э. Теория и практика дидактической многомерной технологии / В. Э. Штейнберг. – М. : Народное образование, 2015. – 350 с.

ЧТО ТАКОЕ ЛЭПБУК И КАК ЕГО ИСПОЛЬЗОВАТЬ НА УРОКАХ ФИЗИКИ?

А. М. Заборовская

Государственное учреждение образования «Полотовская детский сад-базовая школа Полоцкого района», аг. Полота, Витебская область, Республика Беларусь

В настоящее время перед педагогом стоит большая проблема в визуализации изученного материала или в представлении и усвоении учащимися нового материала посредством таблиц, схем, графиков и так далее. Дети настоящего поколения привыкли брать новую информацию в школе из контакта учитель-ученик, а не через саморазвитие плюс помощь педагога (коррекцию своих действий либо только наводку учителя). Значит, необходимо развивать самостоятельность в обучении. Не каждый педагог может похвастаться наличием большого количества учащихся с качеством высокой мотивации и тем более со способностью самообучения. Решением данной проблемы, исходя из своей практики, я вижу в изготовлении и использовании на уроках лэпбук.

Так что же такое лэпбук?

Лэпбук – это самостоятельно созданная папка на определённую тематику из любой области науки (сегодня поговорим о физике), включающая в себя не только систематизированную информацию, но и дающая право творчески подойти к её оформлению: кармашки, подвижные детали, вставки, дверки, скрутки, гармошки, завязки и так далее. Исходя из этого, мы предоставляем право учащимся на самообразование (изучение и подбор материала при изготовлении) и в результате получается прекрасный исследовательский проект.

Рассмотрим подробнее весь процесс изготовления лэпбука по физике на примере одного раздела: «Давление». На первом уроке по данной теме учитель должен направить учащихся на реализацию данного проекта: показать, как будет выглядеть примерный конечный результат, объяснить смысл его создания и предложить основу для его создания (папку на завязках, развёртку и так далее), тем самым дать начальный толчок. Но всегда необходимо делать акцент на то,

что это личное видение учителя, а у них может получиться ещё лучше и интереснее. Учитель заранее готовит схему по изучению данного раздела (давление твёрдых тел, давление газа и жидкости, обусловленное её весом) напечатанную на листах и раздаёт учащимся. Это и будет первым шагом в создании лэпбука по данной теме. И так урок за уроком. Но создание и дальнейшее пользование лэпбука не ограничивается только учебными занятиями. Продолжением его создания может быть и на факультативных, стимулирующих, внеклассных занятиях по предмету, где больше внимания можно уделить подбору загадок, ребусов, интересных фактов из истории по данной теме, справочный материал и т. д.

Уже при изготовлении лэпбука идёт процесс постоянного усвоения и систематизации материала. Дополнительным домашним заданием может быть составление подборок интересных фактов по данной теме. Это также можно размножить и раздать учащимся. Так, при изучении всего раздела у каждого учащегося появится сборник основных материалов для лэпбука. А далее должна сработать только его фантазия: расположить, приклеить, раскрасить и т. п. К изготовлению данного проекта можно приобщить и родителей. На уроке обобщения и систематизации знаний по данной теме можно ещё раз пройти по основному материалу, который включает в себя лэпбук. Это и будет повторением основных моментов изученного раздела в игровой форме. Можно разгадать с учащимися кроссворд, который тоже содержится в лэпбуке.

Использование лэпбука происходит не только на уроках повторения материала перед контрольной или самостоятельной работой. Учащийся всегда может обратиться к нему при выполнении домашнего задания, но необходима маленькая оговорка: создание лэпбука должно происходить постоянно, нельзя накапливать в папке материал, не обрабатывая его, то есть не приклеив.

В завершение хочется добавить, что в результате получается не только отличный справочный материал, но и правильное взаимодействие педагог – учащийся, ребёнок – родитель, основа проектной деятельности детей со взрослыми. Лэпбук не имеет возрастных ограничений. Использовать его можно как на групповых, так и на индивидуальных занятиях.

ПРИМЕНЕНИЕ НАГЛЯДНОГО МЕТОДА ОБУЧЕНИЯ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИКЕ

И. А. Иващенко, Н. Л. Черкас

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Повышение качества обучения – задача комплексная, затрагивающая все стороны педагогической деятельности, должна прилагать основные усилия в обучении на главном, важном и крайне необходимом для обучающихся и отметить второстепенное, устаревшее. Эффект педагогического воздействия достигим только в русле системно-ситуационного подхода, предполагающего ранжирование внешних и внутренних факторов и точечное использование средств

педагогического арсенала. Одним из путей повышения мотивации курсантов Военной академии является построение образовательного процесса путем последовательного усложнения содержания и изменения характера учебной деятельности с учетом их индивидуально-типологических особенностей, предполагающего при преподавании естественнонаучных дисциплин, в частности физики, использование современного учебно-лабораторного оборудования. Данный подход позволяет преподавателю в максимальной степени вовлечь курсантов в творческую работу. Меняется и структура занятия – больше времени можно уделить на индивидуальную работу с обучающимися. Рассматриваемая технология позволяет решить целый комплекс педагогических задач:

- полноценное усвоение знаний, умений, навыков дозированными порциями, и, как следствие, высокие результаты обучения;
- повышение темпа усвоения материала наряду с возможностью выбора индивидуального темпа самим обучающимся;
- развитие разных видов мышления (наглядно-действенного, наглядно-образного, интуитивного, творческого, теоретического, алгоритмического);
- рост уровня самостоятельности, навыков самоконтроля;
- формирование умений генерации вариантов решения в сложной ситуации и принятия оптимального решения; развитие способностей к экспериментально-исследовательской деятельности;
- формирование и развитие информационной культуры, освоение приемов и методов обработки информации;
- углубление междисциплинарных связей, формирование понимания закономерностей, общих различных предметных областей;
- снижение объема рутинной работы по контролю результатов учебной деятельности благодаря его автоматизации, своевременное осуществление необходимых корректирующих действий;
- активизация познавательной деятельности курсантов, рост интереса к учебе, пересмотр отношения, иногда настороженного, к образовательному процессу.

Современный учебно-лабораторный инструментarium обогащает обучающихся чувственным познавательным опытом, необходимым для полноценного овладения абстрактными понятиями. Свойство наглядности оборудования формирует осознанность приобретаемых знаний, отражающих объективно существующую реальность, благодаря опоре на ощущения обучающегося.

С ростом интереса к учебе происходит включение в активную учебную деятельность – от осознания учебной задачи через осуществление активных познавательных действий к самоконтролю и самооценке, для дальнейшей постановки личных целей в когнитивной области. Параллельно обогащается мотивационная сфера курсантов в связке компонентов смысла, целей, мотивов и эмоций.

У технологии наглядного обучения значительный потенциал повышения качества образовательного процесса в высшей школе. В частности, по изучающей объективную реальность окружающего мира учебной дисциплине «Физика», большинство основных положений которой могут быть подтверждены наглядными опытами и демонстрациями.

Эволюция физического учебно-лабораторного оборудования в полном соответствии с законами развития технических систем (прежде всего, перехода в надсистему) идет в направлении повышения функциональности и универсальности.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Многофункциональный универсальный комплекс (МФУК), разработанный ООО «Учпромтехно» на базе комбинированных цифровых средств измерения, предназначен для проведения демонстрационных опытов и экспериментальных исследований по физике (рисунок 1).

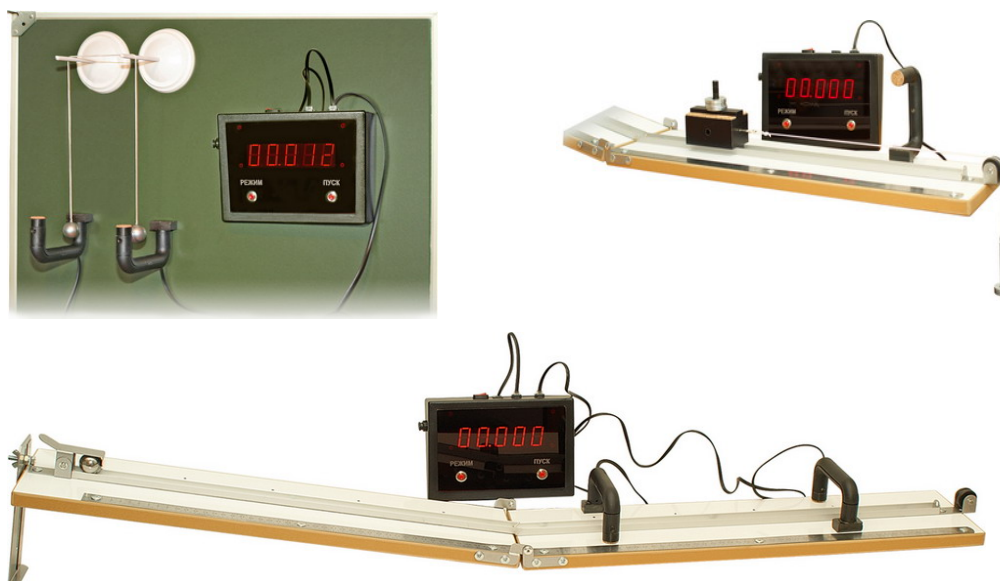


Рисунок 1 – Элементы лабораторного физического практикума

Комплекс позволяет наглядно подтверждать изучаемый в рамках дисциплины теоретический материал (второй закон Ньютона, законы сохранения импульса и механической энергии, законы колебаний математического и пружинного маятников и др.); проводить экспериментальные исследования и формулировать прикладные задачи в ходе практических занятий при изучении кинематических, динамических и энергетических характеристик прямолинейного и колебательного движения (определение ускорения при равноускоренном прямолинейном движении тела, изучение закономерностей равноускоренного движения, определение коэффициента трения скольжения и др.). В состав комплекса входят (рисунок 2): цифровой секундомер; оптические ворота; основание с направляющими; планка вертикальная; тело с различными поверхностями трения; шайбы; шарики стальные; шарики стальные на подвесе; магнитные держатели; брусок пластилиновый; пружина; подвес для шайб; стержни; кабель для подключения внешнего источника питания; предохранитель; запасной комплект элементов питания; контейнер для хранения и транспортировки секундомера и принадлежностей.

Основным элементом МФУК является основание, состоящее из двух шарнирно соединенных между собой частей.

На одном конце основания смонтированы пусковое устройство для освобождения шарика и механизм для регулировки высоты подъема, на другом закреплен неподвижный блок. Вдоль продольной оси основания расположены желоб и шкалы, цена деления которых составляет один миллиметр. При измерении перемещений оптоэлектрические датчики размещаются вдоль шкалы на определенном расстоянии друг от друга.



Рисунок 2 – Элементы многофункционального универсального комплекса

При подготовке к проведению эксперимента, используя подъемный механизм, основание, или только его половину, устанавливают под определенным углом к горизонту. В зависимости от целей опыта выбирают положения датчиков и размещают их вдоль шкалы на определенном расстоянии друг от друга. После этого пусковым устройством приводят в движение шарик или тело с различными поверхностями трения. Двигаясь вдоль направляющих желоба, тело перекрывает световой луч, излучаемый светодиодом. Фототранзистор первого датчика запускает секундомер. При перекрытии телом светового луча второго датчика отсчет времени прекращается. В результате секундомер фиксирует промежуток времени, в течение которого тело совершает перемещение, определяемое положениями датчиков.

Наглядные методы важны, прежде всего, для обучаемых-визуалов, воспринимающих большую часть информации с помощью зрения. Согласно исследованиям, такие люди составляют большинство (около 60 %). Но и для обучающихся с другим типом восприятия (аудиалов, кинестетиков и дигиталов) применение наглядных средств позволяет достичь большего образовательного, воспитательного и развивающего эффекта.

Использование комплекса позволяет курсантам самостоятельно формулировать и решать поставленную задачу, демонстрировать решение другим.

В теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) это соответствует приемам «объединения», «предварительного действия» и «несколько вариантов исполнения процесса». Можно сделать вывод, что технология проведения занятий по физике с помощью МФУК является креативной.

Повышение наглядности обучения дисциплине «Физика» стимулирует познавательный интерес обучающихся. У курсантов возникают положительные эмоции по отношению к учебной деятельности, к ее содержанию, формам и методам осуществления. Создание на занятии ситуаций занимательности (любопытных примеров, демонстрацию захватывающих опытов, парадоксальных фактов) эмоционально стимулирует обучение. Курсанты учатся сопоставлять научные и обыденные толкования разных природных явлений, ориентироваться в ситуациях новизны, актуальности, находить взаимосвязи изучаемого контента с фундаментальными открытиями в науке и технике.

РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА КАК ОБЪЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Н. Г. Кембровская, И. Н. Медведь

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Целенаправленный процесс инновационного развития современного общества невозможен без высокого уровня достижений естественных наук, новейших технологий и индустрии. Инновационное развитие предполагает обязательное использование определенных образовательных программ и методик подготовки высокоинтеллектуальных специалистов, которые способны самостоятельно исследовать новые явления, развивать современные теории, создавать сложные приборы и устройства, разрабатывать совершенные технологии в различных сферах производства. Поэтому для подготовки таких специалистов на физическом факультете Белорусского государственного университета одним из важнейших направлений в учебном процессе является формирование навыков и умений самостоятельного приобретения, обобщения знаний и применения их практике. Для развития устойчивых навыков самостоятельного поиска и усвоения новых знаний требуется не только целенаправленная организация индивидуальной самостоятельной работы студентов, но и стимулирование и достойная оценка этой работы со стороны преподавателей.

В соответствии с утвержденными программами и рекомендованной учебной литературой под руководством преподавателей в течение семестра по каждой дисциплине предусмотрено: 1) изучение основ физических теорий на лекциях; 2) решение задач на практических занятиях; 3) выполнение работ лабораторного физического практикума.

Усвоение учебного материала каждым студентом преподаватель имеет возможность оценить на коллоквиумах по письменному изложению лекционного материала, по самостоятельному решению задач на контрольных работах, а также на индивидуальных отчетах по результатам выполнения лабораторных работ физического практикума. На кафедре общей физики физического факультета Белорусского государственного университета эффективно используется рейтинговая система, представляющая собой объективную совокупность методов оценки самостоятельной работы студентов 1-го и 2-го курсов как по усвоению предусмотренных программой знаний, так и по поиску и освоению новой информации.

С одной стороны, введение рейтинговой системы обеспечивает мотивацию систематической работы студента, которая включает своевременность выполнения всех учебных заданий и контрольных мероприятий (коллоквиумов, контрольных работ, отчетов по лабораторному физическому практикуму) в течение каждого семестра.

С другой стороны, рейтинговая система – это методика объективного накопительного оценивания преподавателем качества освоения каждым сту-

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

дентом учебной дисциплины, с учетом его индивидуальных особенностей мышления и степени подготовленности в целях достижения более глубоких знаний и навыков самосовершенствования. В итоге рейтинговая система значительно упрощает и объективизирует для преподавателей принятие решения о выставлении зачетов и количественной оценки на экзамене, которое относится к числу ключевых функций преподавателя, а также стимулирует работу студента на протяжении семестра.

Рейтинговая оценка формируется в течение всего семестра на основе всех видов текущего контроля знаний, выставляется в экзаменационную ведомость, и по решению кафедры с определенным коэффициентом (наряду с экзаменационной оценкой) рейтинговая оценка вносит существенный вклад в итоговую. При этом принципиально важным является использование утвержденных решением кафедры общей физики физического факультета единых требований и критериев оценивания результатов учебных достижений студентов 1-го и 2-го курсов по изучению на протяжении четырех семестров основных дисциплин курса общей физики.

Подведение итогов учебных достижений каждого студента осуществляется поэтапно: в течение каждого семестра контролируется текущая успеваемость по всем видам учебной деятельности. В конце семестра студентам, которые по различным причинам не выполнили в семестре контрольные мероприятия учебного плана, предоставляется возможность обязательной их отработки. Информацию о текущей успеваемости в виде рейтинговой отметки преподаватель сообщает студентам при выставлении зачета, проставляет в соответствующую ведомость и предоставляет экзаменатору.

Авторы считают, что наибольшая эффективность в приобретении навыков и умений индивидуальной самостоятельной работы может быть достигнута на занятиях лабораторного физического практикума, когда контроль осуществляется не только в виде отчетов после каждой лабораторной работы, но и в процессе ее выполнения. На занятиях лабораторного физического практикума результатами текущего контроля являются:

1) учет выполнения лабораторной работы, 2) оформление протокола, 3) отметка по десятибалльной шкале на отчетном занятии за ответы на теоретические вопросы и по методике эксперимента.

Как сделать, чтобы оценивание давало студентам позитивный опыт?

На кафедре общей физики физического факультета БГУ разработаны единые критерии оценивания работ лабораторного физического практикума для студентов 1-го и 2-го курсов, которые доводятся до сведения всех студентов перед началом работы в учебных лабораториях.

Такая информация позволяет студентам усвоить правила, которыми следует руководствоваться на протяжении четырех семестров при оформлении отчета (протокола) по каждой лабораторной работе в письменной форме, а также требования к устному отчету с целью получения определенной оценки.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Таблица – Требования для получения определенных оценок

<p>Положительная оценка</p>	<p>В этой графе сформулированы обязательные требования к получению положительной оценки при отчете по лабораторной работе физического практикума. Выставление верхней или нижней оценки диапазона определяется преподавателем с учетом: четкости формулировок, быстроты ответа, аккуратности оформления работы, наличия описок</p>
<p>«4» – «5»</p>	<p>– самостоятельно проведены все необходимые измерения, которые заверяются подписью преподавателя в таблицах результатов измерений; – проведены все необходимые расчеты: обработка результатов прямых измерений, расчет результатов косвенных измерений по формулам, проведен расчет погрешностей эксперимента, построены (требуемые) графики; – оформлен протокол выполнения работы в соответствии с правилами оформления; – предъявлены знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> • всех физических величин, которые использованы в данной работе, с помощью каких приборов измерены физические величины, при каких пределах измерения приборов получены; • всех формул, в том числе и для расчета погрешностей, которые были использованы в данной работе; <p>Примечание: вывод формул не требуется, в ходе отчета студент имеет право пользоваться собственным протоколом</p>
<p>«6» – «7»</p>	<p>– предъявлены знания и умение объяснять:</p> <ul style="list-style-type: none"> • физические и математические принципы и законы, на основании которых получены расчетные формулы, применяемые в данной работе; • пределы применимости полученных соотношений между исследуемыми физическими величинами; • принцип действия используемых приборов;
<p>«8» – «9»</p>	<p>– проведены дополнительные измерения на имеющемся оборудовании, позволяющие уменьшить погрешность измерений, расширить диапазон изменения рассматриваемых физических величин, получить другие зависимости между измеряемыми величинами; – предъявлены знания и умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выводить расчетные формулы на основании физических принципов и законов; • оценить возможные систематические погрешности при выполнении данной работы (как на основании теоретических расчетов, так и на основании дополнительных измерений)
<p>«10»</p>	<p>– выполнено индивидуальное (экспериментальное на имеющемся оборудовании или теоретическое) задание по теме лабораторной работы, которое можно рассматривать как творческое или эвристическое. Индивидуальное задание преподаватель выдает, если выполнены все требования, соответствующие оценке «8» – «9»</p>

Разработанные и предложенные коллективом кафедры общей физики физического факультета БГУ единые критерии оценивания выполнения работ лабораторного физического практикума позволили организовать и стимулировать эффективное развитие индивидуальных навыков самостоятельной экспериментальной работы студентов по основным дисциплинам общей физики.

Для организации самостоятельной работы студентов при подготовке к лабораторным работам и их выполнению на кафедре общей физики разработаны методические пособия [1, 2].

Использование студентами этих учебно-методических пособий способствовало активной индивидуальной самостоятельной работе как при подготовке к занятиям, так и при выполнении экспериментальных измерений.

Анализ результатов учебной деятельности студентов показал эффективность использования разработанных методических пособий и рейтинговой системы в учебном процессе. Кроме того, использование рейтинговой системы для оценки эффективности самостоятельной работы студентов по усвоению обязательного программного учебного материала влияет одинаково позитивно на работу студентов с различным уровнем подготовки, позволяя «слабым» студентам набрать поэтапно необходимый минимальный уровень для их итоговой аттестации, а «сильным» проявить свою креативность, способность принимать оригинальные решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электричество и магнетизм. Руководство для самостоятельной работы : пособие / И. Н. Медведь [и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – 103 с.
2. Оптика. Руководство для самостоятельной работы : пособие / И. А. Капуцкая [и др.]. – Минск : БГУ, 2022. – 119 с.: ил.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНСТРУКТОРА LEGO WEDO НА УРОКАХ ФИЗИКИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ XXI ВЕКА

Е. М. Кравец¹, М. В. Федоренко²

¹Государственное учреждение образования «Средняя школа № 16 г. Мозырь», г. Мозырь, Гомельская область, Республика Беларусь

²Государственное учреждение образования «Средняя школа № 114 г. Минска имени Симона Боливара», г. Минск, Республика Беларусь

С каждым годом в мире увеличивается темп развития прогресса, и повседневная жизнь ставит перед членами современного общества нетривиальные проблемы, которые требуют быстрого и эффективного решения. Необходимо обратить свой взгляд на подготовку инженерных кадров, которые необходимы в эпоху развития IT-отраслей и цифровой трансформации экономики. На рынке труда актуальны такие качества личности, как умение управлять своей учебно-познавательной деятельностью самостоятельно; работать в команде; критично воспринимать информацию, полученную из различных источников; проявление интереса к творческой деятельности и поиску нестандартных решений. Поэто-

му сегодня образование должно быть направлено на формирование «4К» – четырех ключевых компетенций XXI века: критического мышления, креативности, коммуникации, кооперации.

В числе исследователей, занимающихся проблемами критического мышления, можно выделить Дж. Дьюи, Д. Халперн, Д. Клустера, Р. Х. Джонсона, В. А. Попкова, А. В. Коржуева, Г. Б. Сорину, А. Б. Бутенко и др. Приведем несколько определений критического мышления: критическое мышление – это способность анализировать информацию с позиции логики и личностно-психологического подхода с тем, чтобы применять полученные результаты как к стандартным, так и нестандартным ситуациям, вопросам и проблемам; критическое мышление – это способность ставить новые вопросы, вырабатывать разнообразные аргументы, принимать независимые продуманные решения [1].

Впервые понятие «креативность» в 1922 году начал использовать Д. Симпсон, обозначив способность человека отказываться от стереотипных способов мышления. В самом общем виде креативность понимается как общая способность к творчеству. Креативность (от лат. creatio – «созидание») – это способность человека порождать необычные идеи, находить оригинальные решения, отклоняться от традиционных схем мышления [2].

Термин «коммуникация» появился в научной литературе в начале XX в. Приведем лишь некоторые определения, встречающиеся в литературе. В. П. Конецкая определяет коммуникацию как социально обусловленный процесс передачи и восприятия информации в условиях межличностного и массового общения по разным каналам при помощи различных коммуникативных средств. Т. Шибутани считает, что коммуникация – это, прежде всего, способ деятельности, который облегчает взаимное приспособление деятельности людей... Это такой обмен, который обеспечивает кооперативную взаимопомощь, делая возможной координацию действий большой сложности [3].

Наука о кооперации начала развиваться в конце XIX – начале XX века с развитием теоретической кооперативной мысли. Первым употребил понятие «кооперация» английский экономист, общественный деятель и теоретик кооперации Роберт Оуэн в начале 1820-х годов. Слово «кооперация» происходит от латинского cooperatio, что в переводе на русский язык означает «работа», «действие», «деятельность». Кооперация – основная форма организации межличностного взаимодействия, которая характеризуется объединением усилий участников для достижения совместной цели при одновременном разделении между ними функций, ролей и обязанностей [4].

Считаем, что формированию ключевых компетенций XXI века на уроках физики способствует использование конструкторов Lego WeDo, Lego Mindstorms EV3 и их элементов. Благодаря возможностям строить модели кораблей, машин и животных, использовать программное обеспечение для управления датчиками и моторами конструктор дает возможность создавать инженерные конструкции собственного изобретения. Благодаря наборам Lego WeDo, Lego Mindstorms EV3 постигается взаимосвязь между различными областями знаний. Используя на уроках физики и факультативных занятиях созданные учащимися модели, проще понять механику, динамику, увидев их в действии.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Например, в 7 классе на уроке физики при изучении темы «Трение. Сила трения» учащиеся смогли пройти путь «из варяг в греки», используя модели кораблей, разработанные на базе робототехнических конструкторов Lego WeDo (рисунок 1).

В ходе урока, на этапе «Конструирование и проектирование», перед учащимися была поставлена задача создать модель корабля с помощью конструктора Lego WeDo и написать программу с использованием линейного алгоритма для его «оживления». Созданные условия для деятельности способствовали развитию умений творчески подходить к решению практических задач, формированию умений планировать свою деятельность, выделять нужную информацию.

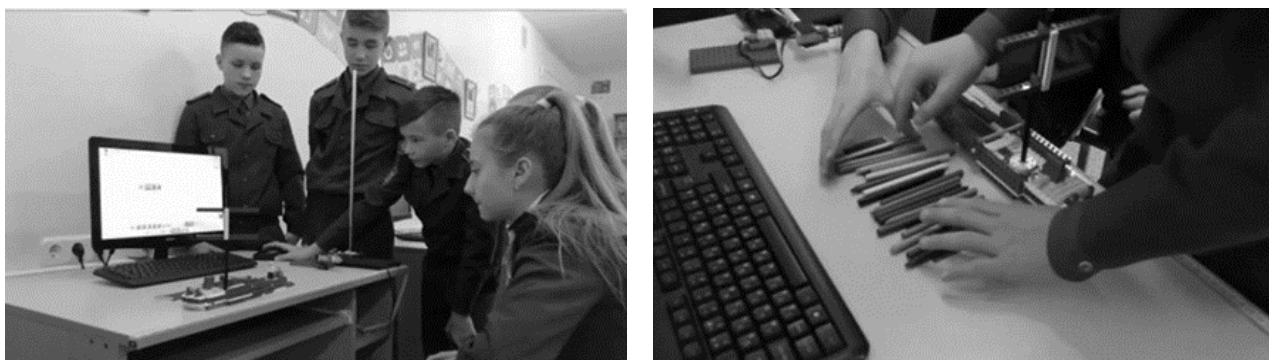


Рисунок 1 – Фрагмент урока физики

Организационно-деятельностный этап урока позволил создать условия для взаимодействия учащихся в группах при выполнении экспериментов в исследовании. Проведя экспериментальные исследования, учащиеся выяснили факторы, влияющие на числовое значение и способы изменения силы трения, практическое использование силы трения, в режиме реального времени.

По результатам проведенных экспериментов учащиеся пришли к следующим выводам:

1. Сила трения скольжения зависит от материала, из которого изготовлены трущиеся поверхности, и от степени их обработки (шероховатости).
2. Сила трения скольжения зависит от силы нормального давления и растет при ее увеличении.
3. Сила трения не зависит от площади соприкасающихся поверхностей.
4. Причиной возникновения силы трения является шероховатость трущихся поверхностей и силы притяжения между молекулами.

В заключении сделали общий вывод о том, что для уменьшения трения возможна замена трения скольжения трением качения.

Уроки физики, на которых учащиеся могут в режиме реального времени конструировать и программировать модели физических явлений, несомненно, им интересны.

Из опыта работы можно сказать, что на таких уроках учащиеся способны решать творческие и нестандартные задачи не только теоретически, но и практические при конструировании и моделировании объектов окружающей действительности; программировать их простые действия и реакции. В процессе урока формируются коммуникативные способности, умения работать в группе,

аргументировано представлять результаты своей деятельности, отстаивать свою точку зрения, что в свою очередь свидетельствует о формировании у учащихся ключевых компетенций XXI века.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шамова, Т. И. Управление образовательным процессом в адаптивной школе / Т. И. Шамова, Т. М. Давыденко. – М. : Центр «Педагогический поиск», 2001. – 384 с.
2. Ильин, Е. П. Психология творчества, креативности, одаренности / Е. П. Ильин. – СПб. : Питер, 2009. – 448 с. : ил.
3. Меньшиков, А. А. Основы интегрированных коммуникаций : учебное пособие / А. А. Меньшиков. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т», 2012. – 101 с.
4. Ярославцев, А. В. Кооперация: понятие, виды, механизмы создания, условия для эффективной деятельности потребительских обществ : методические рекомендации для муниципальных образований Хабаровского края / А. В. Ярославцев, Т. А. Ярославцева ; под ред. А. А. Изотовой. – Хабаровск, 2018. – 188 с.

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Л. К. Липская

Государственное учреждение образования «Зелёновская базовая школа имени Т. С. Мариненко Полоцкого района», аг. Зелёнка, Витебская область, Республика Беларусь

В образовательном стандарте общего среднего образования представлены новые методологические подходы, новые требования к результатам обучения. При этом выделяются личностные, предметные и метапредметные результаты обучения. Особое место среди них занимают метапредметные результаты.

Организация исследовательской деятельности обеспечивает благоприятные условия для выхода на метапредметный результат. Данная деятельность, являясь формой реализации научно-познавательной деятельности школьников, обладает мощным потенциалом достижения метапредметных результатов обучения, так как она позволяет обучающимся испытать, испробовать, выявить и актуализировать свои творческие способности.

Занимаясь исследовательской деятельностью, школьники осваивают аналитические, поисковые элементы научной работы, в результате чего у них складывается объективная самооценка и развиваются творческие способности.

«Базисом исследовательской компетенции служат исследовательские способности (умения), которые проявляются в исследовательском поведении учащихся: видеть проблемы, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, давать опреде-

ления понятиям, классифицировать, наблюдать, проводить опыты, делать выводы, структурировать материал, объяснять, доказывать и защищать свои идеи. В процессе осуществления исследовательской деятельности, учащиеся создают новые для себя образовательные продукты (гипотезы, методы, средства, выводы) и посредством этого развивают свои творческие способности» [1, с. 52].

«Результативность образовательного процесса обеспечивается, прежде всего, деятельностью самих учащихся. Поэтому роль учителя должна заключаться в управлении этой деятельностью, обеспечении её целостности и полноценности каждого этапа» [2, с. 33]. В основе моей педагогической практики лежит формирование не только суммы знаний, но и потребности, умения учащихся организовать свою деятельность по описанию окружающего мира языком физики.

Все учащиеся разные: со своими интересами, способностями, отношением к учебе. Определить интерес учащихся к изучаемому материалу, затруднения при изучении помогает анкетирование, в частности на этапе рефлексии. Например, результаты анкетирования, проводимого в 7 классе после изучения темы «Движение и силы», показали, что 71 % учащихся нравится изучать физику; всем особенно нравится наблюдать и самим проводить опыты, исследования; 57 % учащихся указали среди форм работы, которые им нравятся, выступления с отчетом о выполнении творческих домашних заданий. Занимательные опыты, простые и «зрелищные», как на учебных занятиях, так и во внеклассной деятельности по предмету – основа формирования начальной мотивации.

На смену поверхностному интересу неизбежно приходят более сильные и устойчивые стимулы, образующие и углубляющие внутренний интерес. Вначале учащимся предлагаются различного вида опорные сигналы, а затем они сами включаются в процесс составления памяток, планов обобщенного характера. Так, уже в 7 классе учащиеся самостоятельно могут выделить главное в изучаемом материале, составить план прочитанного параграфа, подготовить небольшое сообщение, которое может иметь различную направленность: интересные природные явления, исторический экскурс, занимательная физика, обзор технических новинок и т. д., в зависимости от личностных интересов.

Радует тот факт, что более 60 % учащихся активно выполняют творческие задания и увлекают остальных. Интерактивные модели, видеофрагменты, презентации, фронтальные эксперименты и демонстрационные опыты помогают корректировать полученные самостоятельно знания в ходе выполнения домашнего задания. Так, акцент смещается от обзорного знакомства с новой темой в сторону ее совместного изучения и исследования.

Наряду с системой знаний, умений, навыков выпускник должен обладать ключевыми компетенциями, умением творчески использовать их в различных сферах жизни. Все это ученик может получить в ходе исследовательской деятельности, которая создает предпосылки для «перевода» опыта на качественно новый, системный уровень.

В процессе выполнения исследовательской работы дети учатся не только работать с научной литературой, но и правильно формировать запросы для поиска необходимой информации в глобальной сети Internet. Кроме того, важной составляющей при выполнении работы является ее защита перед аудиторией,

умение отвечать на поставленные вопросы, что формирует общекультурные компетенции. Учащиеся знакомятся с различными методами выполнения исследовательских работ, способами сбора, обработки и анализа полученного материала, а также учатся обобщать данные и формулировать результат. В ходе исследовательской деятельности происходит формирование универсальных учебных действий. Следовательно, можно судить о реализации метапредметного подхода, который способствует развитию мировоззрения и творческого мышления учащихся, причем не только в области естествознания.

В ходе любого исследования учащиеся получают метапредметные знания и опыт. В работе «Исследование свойств воды. Кипение» при изучении физической сущности кипения воды при пониженном давлении собирается действующая модель гейзера, изучается карта расположения крупных геотермальных районов планеты. Автора работы «Экспериментальное исследование световых явлений», учащуюся с музыкальным образованием, особенно заинтересовал тот факт, что исследуя природу цветов, Ньютон стремился провести аналогию между спектром солнечного света и музыкальным звукорядом, потому и спектр солнечного света он разделил именно на семь цветов радуги. Ответы на вопрос, как широко используется сила сжатого воздуха в промышленной технике из курса «Географии», помогли в исследовании «Давление воздуха». Идея работы «Измерительные приборы. Часы» зародилась во время экскурсии в кафедральный костел Святого Франциска Ксаверия г. Гродно, который украшают самые древние в Европе действующие башенные часы. Потому и вся работа полна исторических фактов: раскрывается история часов от гномона до атомных, проводится экскурс в историю самых известных башенных часов. Не осталось без внимания и настоящее время: экскурсия в Полоцкий государственный университет, где установлены часы с академическим шествием; ознакомление с применением песочных часов в медучреждениях. Возможности материально-технической базы сельской малокомплектной школы не так велики, но направления пытливости юных исследователей весьма разнообразны.

Таким образом, исследовательская деятельность становится первым шагом школьников в науку. Она способствует возникновению и закреплению у них интереса к творческой деятельности и является важным средством достижения метапредметных результатов обучения. Тому подтверждение эффективное участие учащихся в школьных, районных, областных исследовательских конференциях, конкурсах исследовательского характера (дипломы в районной учебно-исследовательской конференции «Первый шаг в науку»; дипломы в областном дистанционном конкурсе проектов учащихся 5–8 классов «Я познаю мир»; участие в областном конкурсе исследовательских работ «Эврика»; диплом XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Науки юношей питают» и др.).

Думаю, далеко не все учащиеся свяжут своё будущее со знаниями, полученными на уроках физики. Однако организация исследовательской деятельности в рамках данного предмета является одним из важнейших условий эффективности подготовки обучающихся к жизни в социуме и в профессиональном самоопределении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Запрудский, Н. И. Технология исследовательской деятельности учащихся: сущность и практическая реализация / Н. И. Запрудский // *Фізика : праблемы выкладання*. – 2009. – № 4. – С. 51–57.

2. Запрудский, Н. И. Педагогический опыт: обобщение и формы представления / Н. И. Запрудский. – Минск : «Сэр-Вит», 2014. – 256 с.

ПРИКЛАДНОЙ АСПЕКТ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ В УЧРЕЖДЕНИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Ю. А. Лобач

Государственное учреждение образования «Средняя школа № 16 г. Борисова имени И. В. Борисюка», г. Борисов, Минская область, Республика Беларусь

С давних времен физику называют одним из самых сложных изучаемых предметов в средней общеобразовательной школе. Зачастую учащиеся воспринимают предмет как «сухую» констатацию физических законов и явлений, которые описаны сложным, по их мнению, математическим языком.

Для привлечения интереса учащихся используются различные способы: широко применяется профильное обучение на базе 10 и 11 классов, практико-ориентированный подход, организация предметных экскурсий, взаимодействие высших учебных заведений со школами, а также издаются учебные пособия с электронным приложением для демонстрации опытов по определенным темам из курса физики.

Профильное обучение, где учащиеся не только более углубленно могут изучить предмет, но и исследовать более широкое применение физических законов, имеет наибольшее распространение в современной образовательной системе.

Также большим плюсом профильного обучения является то, что на изучение учебного предмета дается больше часов, что способствует лучшему усвоению информации и развитию навыков решения физических задач, которые могут иметь не только теоретический характер (решить задачу, чтобы найти числовой ответ), но и использовать практико-ориентированный подход, который применим не только к профильному обучению, но и при изучении физики на базовом уровне.

Чаще всего, при изучении учебного предмета, учащиеся могут задаваться вопросом: а для чего изучается та или иная тема, где она пригодится в жизни и как это использовать. Поэтому педагогу необходимо быть готовым ответить на эти вопросы, а лучше использовать практико-ориентированный подход. Особенностями практико-ориентированного подхода является:

- способность заинтересовать учащихся;
- показать связь проблемы с повседневной жизнью;
- найти такую формулировку проблемного вопроса, чтобы учащийся захотел найти ответ;
- решение оказывается основанным не только на материале одного или ряда предметов, но и на жизненном опыте;
- возможность провести исследование средствами учебного предмета или предметов.

Современные учебные пособия по физике в качестве домашнего задания предлагают выполнить учащимся домашний лабораторный эксперимент, способствующий не только развитию интереса к изучаемому предмету, но и развитию логики, мышления, изобретательских навыков и умений.

Огромную роль в изучении физики в среднеобразовательных школах играют высшие учебные заведения, предоставляя лаборатории, где учащиеся могут проводить различного рода исследования, экспериментально убедиться в выполнении законов физики, а также самостоятельно определять данные для работы различных устройств и приспособлений. Преподаватели высших учебных заведений проводят межшкольные факультативы по предмету, оказывают консультации при подготовке учащихся к олимпиадам и конференциям различного уровня. Но самое главное, что учащиеся школ могут почувствовать себя студентами в течение нескольких дней, погружаясь в атмосферу обучения физике не как школьному предмету, а значимой и весомой дисциплины, влияющей на жизнедеятельность человека.

Наглядность также является одним из аспектов привлечения внимания учащихся для заинтересованности в изучении предмета. Большое количество педагогов, да и обычных интернет-пользователей, своими силами воссоздают лабораторные опыты или эксперименты. В социальной сети TikTok особую популярность имеют видео, в которых обычные студенты технических университетов простым доступным языком объясняют физические явления. Показывают, каким способом их можно воссоздать и как они влияют на жизнь человека, как работают механизмы и где они применяются.

Таким образом, можно говорить о том, что в современном мире созданы все условия для заинтересованности учащихся в обучении физике. А то, что профильные классы с углубленным изучением физики, технические специальности в университетах, появление различных обучающих видео в социальных сетях получает большое распространение, говорит о том, что созданы все условия для успешного изучения физики.

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ

В. Ф. Малишевский, А. А. Луцевич

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова БГУ», г. Минск, Республика Беларусь

В технике колебания выполняют либо определенные функциональные обязанности (колесо, маятник, колебательный контур, генератор колебаний и т. д.), либо возникают как неизбежное проявление физических свойств (вибрации машин и сооружений, неустойчивости и вихревые потоки при движении тел в газах и т. д.). Поэтому обобщение и систематизация знаний по колебательным системам в преподавании курса физики в высшей школе являются необходимыми составляющими для более глубокого их изучения студентами.

В курсе общей физики особо выделяются колебания двух видов – механические и электромагнитные и их электромеханические комбинации. Это обусловлено той исключительной ролью, которую играют гравитационные и электромагнитные взаимодействия в масштабах, характерных для жизнедеятельности человека [1].

Любая физическая система, которая способна совершать колебательное движение (колебательная система), может быть описана физической величиной, отклонение которой от равновесного значения зависит от времени по периодическому (почти периодическому) закону. В случае механических колебательных систем такими величинами являются смещение из положения равновесия (координата), скорость и ускорение; в случае электрических колебательных систем – это заряд, сила тока и напряжение.

Любую колебательную систему, физические характеристики $f(t)$ которой независимо от природы колебаний можно определить в результате решения линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка, имеющего вид: $\ddot{f}(t) + \omega_0^2 f(t) = 0$, где ω – циклическая частота колебаний, которая зависит только от свойств колебательной системы, называют гармоническим осциллятором.

Для механических колебательных систем (пружинный и математический маятники) $f(t) = x(t)$: ($\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ – пружинный маятник, $\omega_0^2 = \frac{g}{l}$ – математический маятник). Колебания физического маятника происходят под действием возвращающего момента силы тяжести относительно точки подвеса:

$$\vec{M} = [\vec{l} \times m\vec{g}].$$

При малых углах отклонения α физического маятника от положения устойчивого равновесия колебания являются гармоническими и $f(t) = \alpha(t)$.

Для электрических колебательных систем:

$$f(t) = q(t) \text{ или } I = I(t): (\omega_0^2 = \frac{1}{LC}).$$

Решение этих уравнений как для механических, так и для электрических колебательных систем имеет вид: $f(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$, где A – амплитуда колебаний, φ_0 – начальная фаза колебаний. Причем A и φ_0 зависят только от способа возбуждения колебаний (начального состояния колебательной системы).

Следовательно, законы, которым подчиняются колебательные процессы, не зависят от физической природы колебаний и являются универсальными. Поэтому возможен общий, «внепредметный», подход к математическому описанию колебательных процессов, основанный на их общих свойствах и закономерностях. В результате появилась теория колебаний и волн, которая, основываясь на математических и физических моделях, устанавливает общие свойства колебательных и волновых процессов в реальных системах, не интересуясь деталями их поведения, обусловленного их природой (физической, химической и др.), и определяет связь между параметрами системы и её колебательными (волновыми) характеристиками. Благодаря общности закономерностей результаты, полученные при исследовании колебаний и волн, например в механике, могут быть перенесены в электродинамику, оптику или радиотехнику.

Изучение любого волнового или колебательного процесса в каждом конкретном случае начинается с идеализации реальной системы, т. е. с построения модели и написания для неё соответствующих уравнений (дифференциальных, в частных производных, дифференциально-разностных и др.). Идеализации одних и тех же систем могут быть различными в зависимости от того, какое явление исследуется.

Справедливость принятых идеализаций оценивается путём сравнения результатов теории, построенной на основании данной модели, с результатами анализа более общей модели или с поведением реальной системы – экспериментом.

К примеру, когда речь идёт только о нахождении условий раскачивания качелей при периодическом изменении их длины, модель может быть совсем простой – линейный осциллятор с периодически изменяющейся собственной частотой. Когда же необходимо ответить на вопрос об амплитуде установившихся колебаний таких качелей, нужно уже учитывать нелинейность (зависимость частоты колебаний качелей от амплитуды колебаний), в результате чего приходим к модели физического маятника, т. е. нелинейного осциллятора с периодически изменяемым параметром.

Понятия и представления теории колебаний и волн относятся либо к явлениям (резонанс, автоколебания, синхронизация, самофокусировка и т. д.), либо к моделям (линейная и нелинейная системы, система с сосредоточенными параметрами или система с распределёнными параметрами, система с одной или несколькими степенями свободы и др.).

Затухание колебаний – уменьшение амплитуды колебаний с течением времени, обусловленное потерей энергии колебательной системой. Потери энергии колебаний в механических системах обусловлены её превращением во внутреннюю энергию вследствие трения и излучением упругих волн в окружающую среду; в электрических системах – омическими потерями в них и излучением электромагнитных волн в окружающее пространство. Уравнение затухающих гармонических колебаний в общем случае является неоднородным линейным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами и имеет вид:

$$\ddot{f}(t) + 2\gamma\dot{f}(t) + \omega_0^2 f(t) = 0.$$

Для механических и электрических колебательных систем это уравнение имеет вид: $\ddot{x}(t) + 2\gamma\dot{x}(t) + \omega_0^2 x(t) = 0$ и $\ddot{q}(t) + 2\gamma\dot{q}(t) + \omega_0^2 q(t) = 0$ соответственно.

Циклическая частота колебаний рассчитывается по таким же формулам, как и для свободных колебаний ($\omega_0^2 = \frac{k}{m}$, $\omega_0^2 = \frac{g}{l}$, $\omega_0^2 = \frac{mgl}{I}$ и $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$). Коэффициент затухания характеризует диссипативные процессы в колебательной системе. В первом случае: $\gamma = \frac{\mu}{2m}$, где μ – коэффициент сопротивления. Во втором случае: $\gamma = \frac{R}{2L}$, где R – активное (омическое) сопротивление контура.

Закон затухания колебаний определяется свойствами колебательной системы. В линейных системах затухание колебаний происходит по экспоненте: $A(t) = A_0 \exp(-\gamma t)$, где t – время, γ – коэффициент затухания системы.

Затухание колебаний практически можно считать закончившимся, если амплитуда колебаний уменьшилась до $\sim 1\%$ ее начального значения. Время t , в течение которого это произойдет, определяется из условия $\exp(-\gamma t) = 0,01$ или $\gamma t = 4,6$.

На основе сложившихся представлений теории колебаний можно связать те или иные явления в конкретной системе с её характеристиками, фактически не решая задачи всякий раз заново. Например, преобразование одних видов энергии в другие в слабо нелинейной системе (будь то волны на воде, электромагнитные колебания в ионосфере или колебания пружинного маятника) возможно только в случае, когда выполнены определенные резонансные условия между собственными частотами подсистемы.

К затухающим колебаниям, строго говоря, неприменимо понятие периода или частоты. Однако, если затухание мало, то можно условно пользоваться понятием периода T_1 как промежутка времени между двумя последующими максимумами колеблющейся величины (тока, напряжения, размаха колебаний маятника и т. д.). «Период» T_1 увеличивается по мере увеличения потерь энергии в системе.

Для приведённых выше простейших случаев соответствующая этому условному «периоду» частота затухающих колебаний $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} \approx \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$, где ω_0 – циклическая частота собственных колебаний в отсутствии потерь энергии в системе. Скорость затухания колебаний часто характеризуют декрементом затухания $\delta = \gamma T_1$, определяющим уменьшение амплитуды собственных колебаний за один "период", или величиной $d = \delta/\pi$, называемой просто затуханием. Затухание связано с добротностью колебательной системы Q соотношением $d = 1/Q$.

В нелинейных системах отношение потерь энергии за период к полной энергии колебаний не остаётся постоянным, а изменяется с изменением амплитуды колебаний. Поэтому закон затухания колебаний оказывается не экспоненциальным.

Простейший с точки зрения закона затухания колебаний случай – это нелинейная механическая система, сила трения в которой постоянна (не зависит от скорости), а ее направление противоположно скорости (сухое трение). Такая сила трения возникает в системах, движение которых связано со скольжением, например, при колебаниях крутильного маятника с осью, установленной в подшипниках скольжения.

Вынужденные колебания – колебания, существующие в системе под действием переменной внешней силы. Наличие внешней силы – необходимое условие возбуждения и существования вынужденных колебаний.

Наиболее просты вынужденные колебания в линейных системах. Так, при действии периодической внешней силы на линейную систему возбуждаются колебания, которые являются суперпозицией собственных (нормальных) колебаний и вынужденных колебаний. По истечении некоторого промежутка времени в результате диссипации собственные колебания затухают и в системе устанавливаются вынужденные колебания, имеющие ту же частоту, что и внешняя сила.

Вынужденные колебания представляют собой гармонические колебания с частотой внешней силы, амплитуда которых X_0 определяется амплитудой и частотой внешней силы и параметрами системы, а фаза φ – только частотой внешней силы и параметрами системы. Наибольшего значения амплитуда вынужденных колебаний достигает при приближении частоты внешней силы к значению частоты собственных колебаний системы, когда наступает резонанс.

При периодической, но негармонической внешней силе вынужденные колебания в линейной системе представляют собой суперпозицию колебаний, соответствующих отдельным гармоническим составляющим внешней силы.

Физические величины, характеризующие и механические, и электромагнитные колебания, можно свести в таблицу [2, с. 112], которая содержит систематизированную информацию о моделях конкретных колебательных систем и их физических характеристиках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Луцевич, А. А. Физика / А. А. Луцевич, С. В. Яковенко. – Минск : Вышэйшая школа, 2000. – 495 с.
2. Малишевский, В. Ф. Основы электродинамики / В. Ф. Малишевский, А. А. Луцевич. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 142 с.

ЦЕЛЕПОЛАГАНИЕ НА УРОКЕ ФИЗИКИ НА ОСНОВЕ ТАКСОНОМИИ БЛУМА

А. С. Мусницкая

*Государственное учреждение образования «Средняя школа № 18
имени Евфросинии Полоцкой г. Полоцк», г. Полоцк, Витебская область,
Республика Беларусь*

Если вы идете без цели, то нет смысла выбирать дорогу.

© Ральф Эмерсон

Цель – один из элементов сознательной деятельности и поведения человека. Цель урока – это его результаты, достичь которых мы планируем, используя дидактические, методические и психологические приемы. Без понимания цели школьники остаются пассивными участниками образовательного процесса.

Таксономия Блума – это система учебных целей, которую разработали ученые Чикагского университета во главе с психологом Б. Блумом [1].

Блум разделил образовательные цели на три сферы:

Когнитивная сфера – «Знаю». Это знания, понимание и критическое мышление. К когнитивной сфере относится все, что связано с процессом получения знаний.

Аффективная сфера – «Чувствую». Эта сфера связана с чувствами и эмоциями. Главная цель аффективной сферы – формирование эмоционального отношения к явлениям окружающего мира.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Психомоторная сфера – «Творю». Психомоторные цели связаны с развитием практических навыков и умением пользоваться различными инструментами.

Среди всех сфер большее внимание было уделено когнитивной области. Именно в ней Блум выделил шесть уровней учебных целей, расположенных в иерархическом порядке. Каждый уровень направлен на формирование определенных навыков мышления [2].

В качестве примера применения данной таксономии была выбрана тема урока «Закон Ома для участка электрической цепи. Электрическое сопротивление. Удельное сопротивление» (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Применение таксономии Блума

Требования учебной программы	Уровень учебной цели	Глаголы действия	Примеры заданий
<i>Учащиеся должны знать:</i> смысл физических понятий: электрический ток, сила тока, электрическое напряжение, электрическое сопротивление, удельное сопротивление	<i>Знание</i> Ученик узнает основные термины, конкретные факты, правила и может их повторить	Определите, опишите, назовите, выберите и покажите, дайте определение, укажите правильный ответ, перечислите, повторите	Дайте определение силы тока и электрического тока; перечислите факторы, влияющие на силу тока в цепи; назовите условия существования электрического тока
<i>Учащиеся должны понимать:</i> смысл Ома для участка электрической цепи; назначение электрического сопротивления; смысл удельного сопротивления	<i>Понимание</i> Ученик знает и понимает правила и принципы, может объяснить факты и явления и проинтерпретировать графики и диаграммы	Повторите, найдите, определите, сравните, объясните, обобщите, перефразируйте, приведите пример, выделите главное, расшифруйте	Определите взаимосвязь между силой тока и напряжением; охарактеризуйте параметры, влияющие на сопротивление проводника; подумайте, как сопротивление влияет на значение силы тока в цепи
<i>Учащиеся должны владеть практическими навыками:</i> решать качественные, графические и расчетные задачи на определение силы электрического тока, электрического напряжения, электрического сопротивления проводника	<i>Применение</i> Ученик решает практические задачи с помощью новых правил, формул и законов	Примените, решите, рассчитайте, используйте, измените, преобразуйте, классифицируйте, расположите, составьте, приготовьте, подскажите	Соберите электрическую цепь, для проверки выполнения закона Ома для участка цепи; решение качественных, графических и расчетных задач на применение закона Ома для участка цепи

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Продолжение таблицы 1

Требования учебной программы	Уровень учебной цели	Глаголы действия	Примеры заданий
<i>Учащиеся должны владеть практическими навыками:</i> решать простейшие бытовые задачи: находить пути экономии электрической энергии, оценивать силу тока в соединительных проводах при включении нагревательных приборов и соблюдать технику безопасности при пользовании электроприборами	<i>Анализ</i> Ученик видит принцип построения данных и может найти логические ошибки	Сравните, сопоставьте, различите, выделите, отсортируйте, найдите, выведите, резюмируйте, сгруппируйте, соберите, обобщите, установите	Проанализируйте способы изменения силы тока в цепи, путём изменения параметров проводника; сделайте вывод о пользе и вреде сопротивления проводника
<i>Учащиеся должны владеть экспериментальными умениями:</i> Определять электрическое сопротивление, изменять силу тока с помощью реостата	<i>Синтез</i> Ученик умеет обобщать и комбинировать свои знания, использует знания, чтобы создать новую конструкцию, например, способ классификации или план решения проблемы	Сравните, сопоставьте, различите, выделите, отсортируйте, найдите, выведите, резюмируйте, сгруппируйте, соберите, обобщите, установите	Предложите способ определения сопротивления резистора
<i>Учащиеся должны владеть экспериментальными умениями:</i> Определять электрическое сопротивление, изменять силу тока с помощью реостата	<i>Оценка</i> Ученик оценивает утверждения с помощью критериев, которые может сформулировать сам или с помощью учителя	Докажите, сделайте вывод, проанализируйте, обоснуйте, проверьте, оцените, порекомендуйте	Оцените, точность полученных данных, при определении сопротивления реостата

Применив таксономию Блума, можно спланировать урок, задействовав все уровни познания. Так мы получим инструмент, который поможет нам отслеживать, насколько эффективно мы побуждаем к деятельности все типы интеллекта учеников на каждом уроке [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карасёва, И. Д. Таксономия Блума и пути реализации смешанного обучения на уроках физики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.google.com/document/d/1jmNTairQP_G4jEd6IvZyTjS2QFnWsZmf/edit. – Дата доступа: 18.03.2023.
2. Мурзагалиева, А. Е. Сборник заданий и упражнений. [Электронный ресурс] / А. Е. Мурзагалиева, Б. М. Утегенова. – Режим доступа: <https://kst.nis.edu.kz/wp-content/uploads/2018/02/Uchebnye-tseli-soglasno-taksonomii-Bluma.-Sbornik-zadaniy-i-uprazhnenij.pdf>. – Дата доступа: 20.03.2023.
3. Ставим цели в образовании: таксономия Блума [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://teacher.yandex.ru/posts/stavim-tseli-v-obrazovanii-taksonomiya-bluma>. – Дата доступа: 21.03.2023.

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ИССЛЕДОВАНИЯ В ТЕОРИИ БЕЗМАССОВЫХ ПОЛЕЙ**

В. А. Плетюхов, О. А. Семенюк

*Учреждение образования «Брестский государственный университет
имени А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь*

Как известно, релятивистские квантовомеханические уравнения, описывающие безмассовые поля, инвариантны относительно так называемых калибровочных преобразований второго рода или, как их ещё называют, градиентных преобразований [1, с. 49].

Смысл этих преобразований проиллюстрируем на примере свободного электромагнитного поля, которое может быть описано системой уравнений первого порядка [2]

$$\partial_\nu f_{[\mu\nu]} = 0, \tag{1}$$

$$-\partial_\mu a_\nu + \partial_\nu a_\mu + f_{[\mu\nu]} = 0 \tag{2}$$

($\mu, \nu = 1 \div 4$, по повторяющимся индексам подразумевается суммирование). Здесь $f_{[\mu\nu]}$ – тензор электромагнитного поля, компоненты которого (напряжённости)

$$\begin{aligned} f_{[14]} = -iE_x, \quad f_{[24]} = -iE_y, \quad f_{[34]} = -iE_z, \\ f_{[23]} = B_x, \quad f_{[31]} = B_y, \quad f_{[12]} = B_z \end{aligned} \tag{3}$$

являются наблюдаемыми величинами; a_μ – четырехмерный потенциал;

$$a_1 = A_x, \quad a_2 = A_y, \quad a_3 = A_z, \quad a_4 = i\varphi \tag{4}$$

составляет ненаблюдаемую четвёрку величин.

Математическая структура системы (1), (2) такова, что при преобразованиях 4-потенциала

$$a_\mu \rightarrow a'_\mu = a_\mu + \partial_\mu \lambda(x_\nu), \tag{5}$$

где $\lambda(x_\nu)$ – произвольная скалярная функция, наблюдаемые характеристики поля $f_{[\mu\nu]}$ остаются неизменными (инвариантными). Преобразования (5) и назы-

ваются калибровочными преобразованиями второго рода; функция $\lambda(x_\nu)$ называется калибровочной функцией.

Произвол в выборе калибровочной функции позволяет наложить на компоненты потенциала дополнительные условия (выбрать калибровку), исключая часть из этих компонент в качестве независимых. Остающиеся независимые компоненты определяют число физических степеней свободы квантов безмассового поля, т. е. его поляризацию (спиральность). Описанная процедура сводится в математическом отношении к анализу решений дифференциальных уравнений второго порядка для калибровочной функции, т. е. носит нетривиальный характер. В большинстве учебников она по указанной причине не детализируется или вообще опускается.

Мы хотим предложить более простой, на наш взгляд, способ установления физического характера безмассовых полей, который не использует соображений, связанных с калибровочной инвариантностью теории.

Обратимся снова к электромагнитному полю. Подействуем на уравнение (2) оператором ∂_ν , с учётом (1) получим дифференциальное уравнение второго порядка для потенциала a_μ :

$$\partial_\nu^2 a_\mu - \partial_\mu \partial_\nu a_\nu = 0. \quad (6)$$

Будем искать решения уравнений (1), (2), (6) в виде плоских волн

$$a_\mu = a_\mu^0 e^{-ik_\alpha x_\alpha}, \quad f_{[\mu\nu]} = f_{[\mu\nu]}^0 e^{-ik_\alpha x_\alpha}, \quad (7)$$

где $a_\mu^0, f_{[\mu\nu]}^0$ – амплитуды; K_α – четырехмерный волновой вектор ($k_1 = k_x, k_2 = k_y, k_3 = k_z, k_4 = i\omega$), удовлетворяющий условию

$$k_\alpha^2 = 0. \quad (8)$$

Подставляя выражения (7) в уравнения (2), (6), получим следующие алгебраические соотношения для амплитуд:

$$f_{[\mu\nu]}^0 = -i(k_\mu a_\nu^0 - k_\nu a_\mu^0), \quad (9)$$

$$k_\alpha a_\alpha^0 = 0. \quad (10)$$

Выберем направления координатных осей так, чтобы

$$k_1 = k_2 = 0, \quad k_3 = \omega \neq 0. \quad (11)$$

Тогда для амплитудных значений напряжённостей $f_{[\mu\nu]}^0$ получим выражения:

$$\begin{aligned} f_{[12]}^0 &= -i(k_1 a_2^0 - k_2 a_1^0) \Rightarrow B_z^0 = 0, \\ f_{[23]}^0 &= -i(k_2 a_3^0 - k_3 a_2^0) \Rightarrow B_x^0 = i\omega a_2^0, \\ f_{[31]}^0 &= -i(k_3 a_1^0 - k_1 a_3^0) \Rightarrow B_y^0 = -i\omega a_1^0, \\ f_{[14]}^0 &= -i(k_1 a_4^0 - k_4 a_1^0) \Rightarrow E_x^0 = -i\omega a_1^0, \\ f_{[24]}^0 &= -i(k_2 a_4^0 - k_4 a_2^0) \Rightarrow E_y^0 = -i\omega a_2^0, \\ f_{[34]}^0 &= -i(k_3 a_4^0 - k_4 a_3^0) \Rightarrow E_z^0 = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Формулы (12) показывают, что из четырёх компонент потенциала существенными для нахождения наблюдаемых характеристик электромагнитного поля являются только две, определяющие поперечный характер плоской элек-

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

тромагнитной волны. На квантовом языке это означает, что одночастичные состояния (кванты) электромагнитного поля обладают двумя степенями свободы, которым соответствуют значения спиральности $s = \pm 1$.

Рассмотрим теперь систему уравнений первого порядка [2, с. 151]

$$\partial_\nu f_{[\mu\nu]} + a_\mu = 0, \quad (13)$$

$$\partial_\mu a_\nu - \partial_\nu a_\mu = 0, \quad (14)$$

где 4-вектор a_μ трактуется как наблюдаемая величина (напряженность), а антисимметричный тензор второго ранга $f_{[\mu\nu]}$ выступает в роли ненаблюдаемой (тензор-потенциала).

Из (13), (14) нетрудно получить уравнения второго порядка для напряженности потенциала

$$\partial_\nu^2 f_\mu = 0, \quad \partial_\mu f_\mu = 0, \quad (15)$$

$$\partial_\alpha \partial_\nu f_{[\mu\nu]} - \partial_\mu \partial_\nu f_{[\alpha\nu]} = 0, \quad (16)$$

которые указывают на то, что система (13), (14) описывает безмассовый микроробъект и допускает решения в виде плоских волн (7).

Для установления спиральности этого микроробъекта поступим как и в случае электромагнитного поля, т. е. подставим (7) в уравнения (13), (16). Подстановка в (16) приводит к следующей системе линейных однородных алгебраических уравнений относительно амплитуд тензор-потенциала $f_{[\mu\nu]}^0$:

$$\begin{aligned} (\omega^2 - k_1^2) f_{[14]}^0 - k_1 k_2 f_{[24]}^0 - k_1 k_3 f_{[34]}^0 - i\omega k_2 f_{[12]}^0 + i\omega k_3 f_{[31]}^0 &= 0, \\ -k_1 k_2 f_{[14]}^0 + (\omega^2 - k_2^2) f_{[24]}^0 - k_2 k_3 f_{[34]}^0 + i\omega k_3 f_{[23]}^0 - i\omega k_1 f_{[12]}^0 &= 0, \\ -k_1 k_3 f_{[14]}^0 - k_2 k_3 f_{[24]}^0 + (\omega^2 - k_3^2) f_{[34]}^0 - i\omega k_2 f_{[23]}^0 + i\omega k_1 f_{[31]}^0 &= 0, \\ -i\omega k_3 f_{[24]}^0 + i\omega k_2 f_{[34]}^0 - (k_2^2 + k_3^2) f_{[23]}^0 + k_1 k_2 f_{[31]}^0 + k_1 k_3 f_{[12]}^0 &= 0, \\ i\omega f_{[14]}^0 - i\omega k_1 f_{[34]}^0 + k_1 k_2 f_{[23]}^0 - (k_1^2 + k_3^2) f_{[31]}^0 + k_2 k_3 f_{[12]}^0 &= 0, \\ -i\omega k_2 f_{[14]}^0 + i\omega k_1 f_{[24]}^0 + k_1 k_3 f_{[23]}^0 + k_2 k_3 f_{[31]}^0 - (k_1^2 + k_2^2) f_{[12]}^0 &= 0. \end{aligned} \quad (17)$$

Последние три уравнения системы (17) являются линейными комбинациями первых трех, рассмотрением которых, следовательно, можно и ограничиться. Введя обозначение

$$\mathbf{g} = k_1 f_{[14]}^0 + k_2 f_{[24]}^0 + k_3 f_{[34]}^0, \quad (18)$$

их можно переписать в виде:

$$\begin{aligned} \omega^2 f_{[14]}^0 - i\omega k_2 f_{[12]}^0 + i\omega k_3 f_{[31]}^0 &= k_1 \mathbf{g}, \\ \omega^2 f_{[24]}^0 - i\omega k_1 f_{[12]}^0 + i\omega k_3 f_{[23]}^0 &= k_2 \mathbf{g}, \\ \omega^2 f_{[34]}^0 - i\omega k_2 f_{[23]}^0 + i\omega k_1 f_{[31]}^0 &= k_3 \mathbf{g}. \end{aligned} \quad (19)$$

Подстановка решений (7) в уравнение (13), устанавливающая связь между компонентами напряженности и потенциала, дает:

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

$$\begin{aligned}a_1^0 + \omega f_{[14]}^0 - ik_2 f_{[12]}^0 + ik_3 f_{[31]}^0 &= 0, \\a_2^0 + \omega f_{[24]}^0 - ik_3 f_{[23]}^0 + ik_1 f_{[12]}^0 &= 0, \\a_3^0 + \omega f_{[34]}^0 - ik_1 f_{[31]}^0 + ik_2 f_{[23]}^0 &= 0, \\a_4^0 - i(k_1 f_{[14]}^0 + k_2 f_{[24]}^0 + k_3 f_{[34]}^0) &= 0.\end{aligned}\tag{20}$$

Отсюда, с учетом обозначения (18) и формул, (19) имеем:

$$a_1^0 = \frac{k_1}{\omega} g, \quad a_2^0 = \frac{k_2}{\omega} g, \quad a_3^0 = \frac{k_3}{\omega} g, \quad a_4^0 = i g.\tag{21}$$

Соотношения (21) показывают, что наблюдаемые характеристики (напряжённости) безмассового поля, описываемого системой уравнений (13), (14), могут быть выражены через одну-единственную линейную комбинацию g компонент $f_{[14]}$, $f_{[24]}$, $f_{[34]}$ тензор-потенциала. Эти компоненты по отношению к преобразованиям группы вращений ведут себя как трехмерный вектор, а величина g является скаляром относительно указанных преобразований. Отсюда следует, что обсуждаемый микрообъект представляет собой безмассовую векторную частицу с нулевой спиральностью или в волновой терминологии является безмассовым векторным полем с продольной поляризацией. Векторный характер этого микрообъекта означает, что во взаимодействиях он переносит спин $s = 1$ [3].

Предлагаемый подход нетрудно распространить и на другие безмассовые поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левич, В. Г. Курс теоретической физики / В. Г. Левич. – М. : Наука. – 1969. – Т. 1. – 912 с.
2. Плетюхов, В. А. Релятивистские волновые уравнения и внутренние степени свободы / В. А. Плетюхов, В. М. Редьков, В. И. Стражев. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 326 с.
3. Огиевецкий, В. И. Нотоф и его возможные взаимодействия / В. И. Огиевецкий, И. В. Полубаринов // Ядерная физика. – 1966. – Т. 4, Вып. 1. – С. 216–233.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КУРСЕ «ФИЗИКА»

О. И. Проневич, М. А. Ревенок

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Важнейшей задачей образования в вузе является вовлечение студентов в изучение дисциплин согласно учебному плану. Каждый преподаватель старается применить ту или иную методику преподавания, чтобы максимально заинтересовать студентов изучать конкретный преподаваемый предмет. В настоящий

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

момент особенно важно развивать у студентов познавательную составляющую, поддерживать интерес к процессу познания, своевременно проверять усвоение материала и применение полученной информации, что позволит обучающимся легко перестраиваться и ориентироваться в современном мире. Особое внимание на практических и лабораторных занятиях по дисциплине «Физика» стоит уделять активным формам и методам обучения.

Интерактивный метод хорошо подходит для решения такого рода задач и может широко использоваться в применении новых форм и методов обучения, в частности проведения различных тематических игр со студентами.

Игровые методы, применяемые на различных видах занятий, широко используются в педагогической практике в учебных заведениях и относятся к активным методам обучения. В такой методике проведения занятий преобладает продуктивно-преобразовательная деятельность студентов. По мнению психологов, игра в различных её проявлениях является наиболее эффективной формой обучения и не менее важна при проверке знаний.

Интерактивные методы обучения успешно решают поставленные задачи:

- 1) каждый студент вовлечен в процесс освоения знаний;
- 2) осуществление индивидуального подхода к студентам;
- 3) развитие навыков задавать вопросы, работать в команде;
- 4) выработка умения самостоятельно добывать знания, разделять задачи на более мелкие, определять последствия своего выбора и брать на себя ответственность за результат.

Самыми распространенными интерактивными методами являются мини-исследование, игры на ассоциацию, сюжетно-ролевые игры и кейс-метод.

При проведении практических занятий и лабораторных практикумов по дисциплине «Физика» дает хорошие результаты использование интеллектуальной игры (далее игры), так как ее цели и задачи следующие:

1. Игра как развивающий, обучающий, закрепляющий метод усвоения знаний.
2. Творческо-поисковая деятельность студентов во время игры, в отличие от воспроизводящей на стандартном уроке.
3. Игра как особая форма занятия, которая обеспечивает активное участие каждого члена команды, повышает авторитет знаний и индивидуальную ответственность каждого.
4. Игра есть практика развития. Студенты развиваются, потому что играют, и играют, потому что развиваются.
5. Игра – свобода самораскрытия, саморазвития с опорой на подсознание, разум и творчество.
6. Игра – главная сфера общения студентов, в ней решаются проблемы межличностных отношений членов команды.

Самыми распространенными интеллектуальными играми являются «Что? Где? Когда?», «Брейн-ринг», «Вопрос-ответ», «Своя игра», «Эрудит-лото», «Слабое звено», «Счастливый случай» и другие [1, с. 95].

В качестве интеллектуальных игр по физике мы использовали игры «Вопрос-ответ», «Что? Где? Когда?» и «Брейн-ринг». Какую игру подобрать, зависит от количества студентов в группе или подгруппе. Если подгруппа маленькая, от 1 до 5 человек, то оптимально проведение игры «Вопрос-ответ», если количество студентов 5–7 человек, то «Что? Где? Когда?», а если группа большая – 8 человек, то «Брейн-ринг». Условия игры следующие: за правильный ответ дается 1 балл. Если играем в игру «Вопрос-ответ», то каждый студент играет сам за себя. Игра заканчивается, когда один из студентов набрал 5 баллов. Если студент дает неполный ответ, то второй может его дополнить. Тогда оба получают по 0,5 балла. Игра длится до 5 баллов. В случае проведения игры «Что? Где? Когда?» команда студентов играет против преподавателя, который и является ведущим. Игра идет до 5 баллов, а количество вопросов ограничено 8–10 на усмотрение ведущего. «Брейн-ринг» – самая интересная по мнению студентов форма проведения, так они соревнуются друг с другом командами. Две или три команды по 5–7 студентов играют до 5 баллов. Максимальное время для подготовки – 1 минута. Так же, как и в случае игры «Вопрос-ответ», если команда не дала полный ответ, то вторая может дополнить ответ и обе получают по 0,5 балла. Если в команде больше, чем три человека, то можно проводить по олимпийской системе два полуфинала, игра за третье место и финал. Если такую игру проводить в рамках «Дня кафедры» или «Дня факультета», то на турнир приглашаются «гости» в качестве наблюдателей и жюри, в основном это сами преподаватели кафедры, кураторы групп и представители руководства факультета или университета. Организаторы готовят вопросы с различными уровнями сложности и типами заданий. Как правило, турнир начинается с более легких заданий и завершается сложными. Далее приводятся примеры некоторых задач.

Задачи на определение явлений:

Что такое импульс силы, поляризация света, интерференция света, ускорение, математический маятник, резонанс и т. д.?

Задачи на смекалку:

Когда сутки короче: зимой или летом?

Кто может путешествовать по свету, оставаясь в одном и том же углу?

Задачи на логику:

В какой среде лучи света могут быть криволинейными?

Что не имеет длины, глубины, ширины, высоты, а можно измерить?

С помощью линзы получено действительное изображение электрической лампочки. Как изменится изображение, если закрыть верхнюю половину линзы [1, с. 95]?

Один из самых динамичных интерактивных методов по физике игра Alias. Условия игры следующие: игру можно проводить как среди групп факультета, так и среди групп университета, представляющих свой факультет. Игроки либо сами составляют свою команду (2–5 человек), либо преподаватели, которые ведут занятия по физике у студентов, предлагают им участвовать в игре. Один

человек из каждой команды становится ведущим. Преподаватель дает ведущему карточку, в которой содержится слово, формула или физический закон. Ведущий любым образом, без жестикуляций, пытается подсказать своей команде, что находится в карточке, называя слова, или дает полное определение закону, либо любым другим способом описывает явление, которое указано в карточке. Задача команды – отгадать, что написано или нарисовано в карточке. Кто больше отгадал карточек (решил задач на карточках) за две минуты, тот победил. Также можно проводить эту игру в виде турнира, в которой будет принимать участие не менее трех команд. Преподаватель дает фиксированное количество карточек (например, 15) и команды должны дать ответ на все карточки. Та команда, которая затратила меньше времени на ответы и становится победителем турнира. На игру можно пригласить других преподавателей в качестве наблюдателей и членов жюри, в основном это сами преподаватели кафедры и представители руководства факультета или университета. Преподаватели готовят карточки с различными уровнями сложности и типами заданий. Хотя задания бывают трудные, студентов выручает логика, интуиция [2, с. 77].

Все интерактивные методы, которые мы описали, очень нравятся студентам, и они всегда ждут проведения занятий в такой форме. Преподаватели кафедры отметили большую эффективность игры в качестве обучающего, закрепляющего метода усвоения знаний. Студенты отмечают, что во время игры материал хорошо запоминается и это помогает успешно сдавать экзамены по предмету. Следует отметить, что все участники команд получают дополнительные баллы в поощрительный рейтинг в зависимости от занятого места в модульно-рейтинговой системе.

Таким образом, использование интерактивных методов на всех видах занятий по дисциплине «Физика» стимулирует студентов при изучении предмета и повышает уровень практических знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проневич, О. И. Использование интеллектуальных игр в курсе «Физика» / О. И. Проневич, С. В. Пискунов, К. К. Матькунов // Проблемы современного образования в техническом вузе : материалы IV Респ. науч.-метод. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения П. О. Сухого, Гомель, 29–30 октября 2015 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомель. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. В. Сычева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – С. 94–96.

2. Проневич, О. И. Игра Alias как интерактивный элемент преподавания физики / О. И. Проневич, М. А. Ревенок // Проблемы современного образования в техническом вузе : материалы VII Междунар. науч.-метод. конф., Гомель, 21–22 октября 2021 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомель. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого; под общ. ред. А. В. Сычёва. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 76–77.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА ОМА ДЛЯ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Ж. И. Равуцкая

Учреждение образования «Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина», г. Мозырь, Гомельская область, Республика Беларусь

Значительные затруднения у старшеклассников вызывает расчет цепей переменного тока. Это обусловлено рядом причин. В цепях переменного тока выделяют следующие значения тока и напряжения: мгновенное, амплитудное и действующее. Электроизмерительные приборы, включенные в цепь переменного тока, показывают действующие значения соответствующих величин. Резистор в цепи переменного тока обладает активным сопротивлением R , конденсатор – емкостным сопротивлением $X_C = \frac{1}{\omega C}$, катушка – индуктивным сопротивлением $X_L = \omega L$. При этом законы постоянного тока не всегда применимы к цепям переменного тока. Математически наиболее просто решать такие задачи с использованием метода векторных диаграмм. Рассмотрим особенности построения таких диаграмм в зависимости от вида соединения сопротивлений.

Рассмотрим цепь переменного тока, состоящую из последовательно соединенных резистора R , конденсатора C и катушки индуктивности L , подключенных к источнику переменного напряжения $U(t) = U_0 \sin \omega t$ [1].

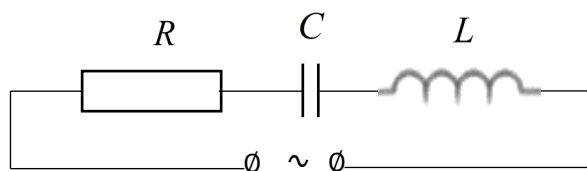


Рисунок 1 – Цепь переменного тока с последовательно соединенными активным, емкостным и индуктивным сопротивлениями

При таком соединении для мгновенных значений тока и напряжения можно записать:

$$I_R(t) = I_C(t) = I_L(t) = I(t); U(t) = U_R(t) + U_C(t) + U_L(t).$$

Для амплитудных значений напряжения подобное равенство не выполняется.

Мгновенные значения напряжения $U_R(t), U_C(t), U_L(t)$ на каждом из элементов не совпадают по фазе, что приводит в общем случае к сдвигу фаз между колебаниями напряжения источника и колебаниями тока в цепи. Для определения амплитудного значения напряжения на зажимах цепи построим векторную диаграмму. Сила тока на всех рассматриваемых участках цепи одинакова, поэтому строить векторную диаграмму начнем с вектора \vec{I}_0 , модуль которого равен амплитудному значению силы тока в цепи.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Колебания напряжения на активном сопротивлении совпадают по фазе с колебаниями силы тока, поэтому вектор \vec{U}_{0R} , модуль которого $U_{0R} = I_0 R$, совпадает по направлению с \vec{I}_0 .

На конденсаторе колебания напряжения отстают от колебаний силы тока на $\pi/2$, поэтому вектор \vec{U}_{0C} , модуль которого $U_{0C} = I_0 X_C = \frac{I_0}{\omega C}$, надо повернуть относительно вектора \vec{I}_0 на угол $\pi/2$ по часовой стрелке.

На катушке индуктивности колебания напряжения опережают колебания силы тока на $\pi/2$, поэтому вектор \vec{U}_{0L} , модуль которого $U_{0L} = I_0 X_L = I_0 \omega L$, надо повернуть относительно вектора \vec{I}_0 на угол $\pi/2$ против часовой стрелки (рисунок 2).

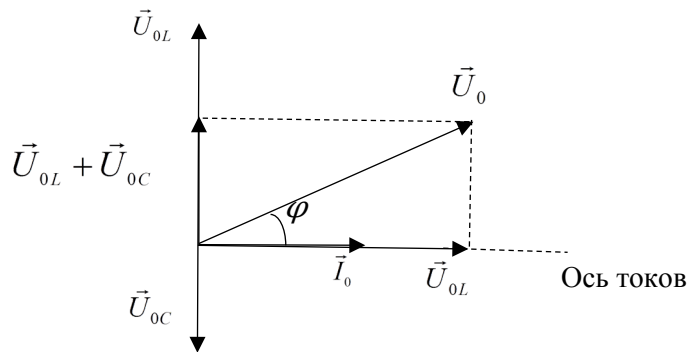


Рисунок 2 – Векторная диаграмма для последовательной RLC-цепи

Вектор амплитудного напряжения на зажимах цепи равен сумме трех векторов:

$$\vec{U}_0 = \vec{U}_{0R} + \vec{U}_{0L} + \vec{U}_{0C}.$$

Модуль вектора U_0 можно определить по теореме Пифагора (с учетом, что $X_L > X_C$):

$$U_0^2 = U_{0R}^2 + (U_{0L} - U_{0C})^2, U_0^2 = I_0^2 R^2 + I_0^2 (X_L - X_C)^2 \Rightarrow I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U_0}{Z},$$

где $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ – полное сопротивление последовательной RLC-цепи.

Сдвиг фаз между колебаниями тока и напряжения равен углу φ между векторами \vec{I}_0 и \vec{U}_0 . Как видно из рисунка 2, колебания силы тока отстают от колебаний напряжения, причем

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_{0L} - U_{0C}}{U_{0R}} = \frac{X_L - X_C}{R}.$$

Тангенс сдвига фаз между колебаниями тока и напряжения зависит от значений реактивных сопротивлений.

Рассмотрим цепь переменного тока, состоящую из параллельно соединенных резистора R , конденсатора C и катушки индуктивности L , подключенных к источнику переменного напряжения [2].

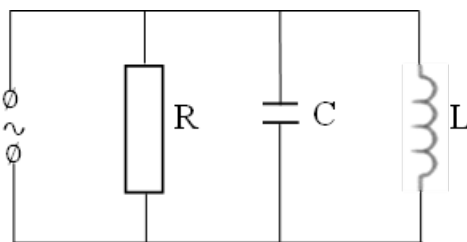


Рисунок 3 – Цепь переменного тока с параллельно соединенными активным, емкостным и индуктивным сопротивлениями

При таком соединении для мгновенных значений напряжения и тока можно записать:

$$U_R(t) = U_C(t) = U_L(t) = U(t); I(t) = I_R(t) + I_C(t) + I_L(t).$$

Для амплитудных значений силы тока подобное равенство не выполняется.

Мгновенные значения силы тока $I_R(t), I_C(t), I_L(t)$ на каждом из элементов не совпадают по фазе, что приводит в общем случае к сдвигу фаз между колебаниями напряжения источника и колебаниями тока в цепи. Амплитудное значение силы тока найдем на основании векторной диаграммы. Амплитудное напряжение на всех параллельных участках этой цепи одинаково, поэтому строить векторную диаграмму начнем с вектора \vec{U}_0 , модуль которого равен амплитудному значению напряжения в цепи.

Колебания силы тока на активном сопротивлении совпадают по фазе с колебаниями напряжения, поэтому вектор \vec{I}_{0R} , модуль которого $I_{0R} = \frac{U_0}{R}$, совпадает по направлению с \vec{U}_0 .

На конденсаторе колебания силы тока опережают колебания напряжения на $\pi/2$, поэтому вектор \vec{I}_{0C} , модуль которого $I_{0C} = \frac{U_0}{X_C} = U_0 \omega C$, надо повернуть относительно вектора \vec{U}_0 на угол $\pi/2$ против часовой стрелки.

На катушке индуктивности колебания силы тока отстают от колебаний напряжения на $\pi/2$, поэтому вектор \vec{I}_{0L} , модуль которого $I_{0L} = \frac{U_0}{X_L} = \frac{U_0}{\omega L}$, надо повернуть относительно вектора \vec{U}_0 на угол $\pi/2$ по часовой стрелке (рисунок 4).

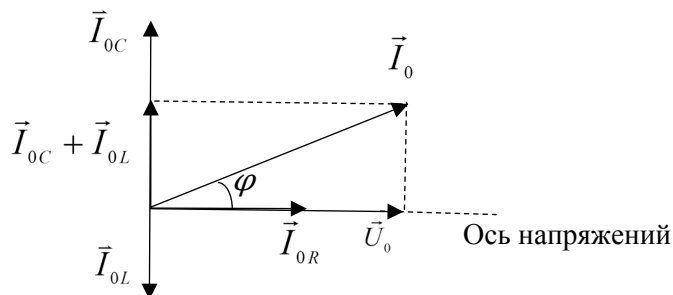


Рисунок 4 – Векторная диаграмма для параллельной RLC-цепи

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Вектор амплитуды силы тока в цепи $\vec{I}_0 = \vec{I}_{0R} + \vec{I}_{0C} + \vec{I}_{0L}$.

Модуль вектора I_0 можно определить по теореме Пифагора (с учетом, что $X_L \succ X_C$):

$$I_0^2 = I_{0R}^2 + (I_{0C} - I_{0L})^2, I_0^2 = \frac{U_0^2}{R^2} + U_0^2 \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2 \Rightarrow I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2}} = \frac{U_0}{Z},$$

где $Z = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2}$ – полное сопротивление параллельной RLC -цепи.

Таким образом, при расчете цепей переменного тока необходимо учитывать следующие особенности.

1. Для решения задач переменного тока можно использовать закон Ома в виде $I = \frac{U}{R}$. Особенностью решения таких задач является тот факт, что в знаменателе закона Ома должно находиться полное сопротивление цепи Z , состоящее из активного и реактивного сопротивлений.

2. Применять закон Ома можно только к действующим или амплитудным значениям тока и напряжения.

3. Законы последовательного и параллельного соединения проводников в цепях переменного тока отличаются от соответствующих законов в цепях постоянного тока, если для расчета используются не мгновенные, а действующие или амплитудные значения силы тока и напряжения. Это обусловлено тем, что физические величины, определяющие электромагнитные процессы во всей цепи и на ее отдельных участках, совершают гармонические колебания, фазы которых не совпадают [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаткина, И. Л. Репетитор по физике. / И. Л. Касаткина; под ред. Т. В. Шкиль. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. – 832 с.
2. Физика. Теория и технология решения задач / В. А. Бондарь [и др.] ; под общ. ред. В. А. Яковенко. – Минск : ТетраСистемс, 2003. – 560 с.

ПРОФОРИЕНТАЦИОННАЯ РАБОТА НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Г. Д. Свентецкая

Государственное учреждение образования «Козенская средняя школа Мозырского района», аг. Козенки, Гомельская область, Республика Беларусь

Великий русский педагог К. Д. Ушинский писал: «Если вы удачно выберете труд и вложите в него свою душу, то счастье само вас отыщет». Выбор профессии – одно из сложных и ответственных жизненно-практических задач, которые приходится решать человеку, поэтому обучение и профессиональная ориентация учащихся, повышение уровня практической подготовки является одним из наиболее значимых вопросов современной жизни.

Путь к выбору той или иной профессии происходит чаще через развитие у учащихся интереса к учебным предметам. Учитель физики имеет большие возможности в ориентации учащихся на профессии различных направлений. И все потому, что на уроках физики используются сведения из различных областей человеческого познания, что способствует созданию единой научной картины мира, формирует интерес к предмету, глубже раскрывает понимание выбранной профессии. Важно дать молодому поколению единое представление о природе, обществе и своем месте в нем.

В инструктивно-методическом письме Министерства образования отмечается «...Актуально реализовать в образовательном процессе воспитательный потенциал учебного предмета в целях формирования у учащихся уважительного отношения к созидательному труду как главному условию развития белорусского государства» [1].

При осуществлении профориентационной работы можно руководствоваться следующими правилами:

- 1) материал должен содержать информацию о современных направлениях развития науки;
- 2) использование дополнительного материала должно использоваться в качестве обобщения или детализации;
- 3) материал должен повышать интерес и обеспечивать сознательный выбор профессии;
- 4) подбор примеров, которые показывают широкое применение физических явлений и законов.

На уроках физики, проводя профориентационную работу, целесообразно использовать материал, связанный с промышленным и сельскохозяйственным производством данной местности.

Учащиеся, выполняя задания, осознают значимость изучаемого предмета, научные основы современного производства.

Например, город Мозырь известен нефтеперерабатывающим заводом. Первичные нефтепродукты получают из нефти физическими методами и за их качество отвечают операторы. Данную информацию учитель может использовать в 7 классе при изучении темы «Плотность».

При работе с таблицей «Плотность веществ» учащиеся отвечают на вопросы: чему равны плотности нефти, бензина, керосина, в каких единицах измеряется представленная физическая величина; сравнить плотности нефтепродуктов, сделать выводы. Данные значения применяются как при решении задач, так и для составления задач учащимися.

В учебной литературе по физике задачи профориентационного содержания встречаются редко, поэтому учитель часто составляет задания самостоятельно.

Изучая тему «Испарение» (8 класс), учащиеся отвечают на вопрос: в процессе перегонки температуру нефти постепенно повышают от 0 до 400 °С. В какой последовательности при этом будут испаряться бензин, керосин, «солярка»?

При изучении механического движения в 7 и 9 классах можно рассказать, как в сельском хозяйстве решается проблема повышения скоростей почвообрабатывающих посевных и уборочных машин: а) увеличение мощности сельскохозяйственных машин, б) поиск геометрии рабочих органов сельхозмашин, при которой уменьшается сопротивление их движения.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Выполнение заданий исследовательского характера позволяет формировать у учащихся экспериментальные умения и навыки, воспитывать культуру труда: умение планировать работу, содержать в чистоте рабочее место, соблюдать правила техники безопасности, аккуратно проводить трудовые операции, осуществлять контроль результатов выполняемого трудового процесса.

Например, умение пользоваться простейшими физическими приборами (рулетка, линейка, мензурка, спидометр, амперметр, вольтметр, термометр) необходимо применять во многих профессиях. Учащиеся приобретают навыки в ходе проведения фронтальной работы в 7 классе.

При изучении темы «Кристаллы» (10 класс), учащимся предлагается творческое домашнее задание: вырастить кристалл поваренной соли. На уроке будет интересна информация о добыче соли на ОАО «Мозырьсоль».

При проведении уроков-конференций профориентационного характера «Физика в выбранном мною деле», «Физика в сельском хозяйстве» целесообразно приглашать известных людей города, рационализаторов.

Проведение экскурсий на предприятия позволяют расширению познавательного и политехнического кругозора. Они имеют не только познавательное, но и воспитательное значение. Ведь на экскурсии учащиеся знакомятся с применением знаний на практике, с производственными процессами, с научными основами современного производства, главными направлениями современного НТП. Значение экскурсий состоит ещё и в том, что они дают возможность осознать силу человеческого разума в овладении силами природы для улучшения своей жизни, облегчения труда. После проведения экскурсии целесообразно проведение урока подведения итогов, написание отчета.

При проведении профориентационной работы на уроках необходимо уделять внимание на личные качества человека: умение планировать свою работу (ставить цели, выполнять несложные расчеты, использовать справочную литературу); умение организовывать работу (подготовка рабочего места, выбор рациональных способов, соблюдение правил безопасности).

Задача профессиональной ориентации в современных условиях заключается в том, чтобы еще в школе выявить склонности ребенка, помочь разобраться в тех профессиях, которые их заинтересовали, формировать у учащихся интерес к сельскохозяйственным профессиям.

Осознанный выбор профессии является одним из важнейших условий развития самой личности молодого человека, возможности проявления им в полной мере своих способностей. Правильно выбранная профессия позволяет занять выпускнику школы свое место в обществе, с наибольшей эффективностью (материальной и моральной) применять свои знания, умения и навыки, полученные в школе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструктивно-методическое письмо Министерства образования Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.adu.by/ru/homeru/obrazovatelnyj-protsess-2023-2024-uchebnyj-god/obshchee-srednee-obrazovanie/instruktivno-metodicheskie-pisma.html>. – Дата доступа: 09.09.2023.

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ» В КУРСЕ ФИЗИКИ

А. И. Серый

*Учреждение образования «Брестский государственный университет имени
А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь*

Учебными программами курса физики предполагается, в частности, знакомство с таким явлением, как люминесценция (при изучении оптики либо атомной физики). Сравнение основных видов этого явления, представляющее интерес для образовательного процесса, представлено ниже в таблицах, составленных на основе сведений из [1, с. 246, 456; 624–626; 2, с. 64–65; 3, с. 89–90; 4, с. 431–434; 5, с. 417–418; 6, с. 367; 7, с. 136, 140–141, 149–150, 175–177, 180; 8, с. 68, 222, 378; 9, с. 350, 404, 536; 10, с. 517].

Таблица 1 – Подходы к классификации разновидностей люминесценции

Классификационный признак	Соответствующие разновидности
Способ возбуждения атомов	Фотолюминесценция, рентгенолюминесценция, электролюминесценция, люминесценция в магнитном поле, катодолюминесценция, хемилюминесценция (частный случай – биолюминесценция), триболюминесценция, кандолюминесценция, лиолюминесценция, радикалорекомбинационная люминесценция
Время жизни возбужденных состояний атомов	Флуоресценция, фосфоресценция
Соотношения между частотой исходного возбуждающего излучения и частотой люминесценции	Резонансная, стоксова и антистоксова (частный случай – кооперативная)
Тип спектра	Люминесценция со сплошным, линейчатым, полосатым спектром
Ослабление или усиление интенсивности с течением времени	Затухающая люминесценция и сверхлюминесценция
Механизм элементарных процессов	Резонансная, спонтанная, метастабильная (вынужденная), рекомбинационная
Наличие линейной или циркулярной поляризации	Неполяризованная и поляризованная
Отсутствие или наличие теплового равновесия системы с окружающей средой	Горячая и холодная (обычная) люминесценция

В [3, с. 90] после перечисления основных разновидностей люминесценции говорится: «Оставляем в стороне вопрос о полноте и обоснованности этого списка». Важность такого замечания можно проиллюстрировать на примерах различий между смысловыми содержаниями определений одного и того же типа люминесценции в разных литературных источниках. Некоторые примеры собраны ниже в таблице 2.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Таблица 2 – Примеры различий между смысловыми содержаниями определенных одного и того же типа люминесценции в разных литературных источниках

Тип люминесценции	Примеры определений	Примечания
Электролюминесценция	Люминесценция, возникающая при: а) влиянии на люминофор электрического поля [1, с. 624; 3, с. 90]; б) то же, что в предыдущем пункте, а также при прохождении через люминофор электрического тока [5, с. 417; 6, с. 367; 7, с. 136; 9, с. 536]	Такие определения тесно взаимосвязаны, поскольку при достаточном значении напряженности электрического поля в веществе может возникнуть электрический ток
Фотолюминесценция	Люминесценция, возникающая при облучении вещества: а) видимым или ультрафиолетовым излучением [3, с. 90; 4, с. 433; 6, с. 367; 9, с. 350]; б) то же, что в предыдущем пункте, а также рентгеновским или гамма-излучением [5, с. 418; 7, с. 176]	Рентгеновская люминесценция может считаться отдельным типом (сюда могут включать и гамма-люминесценцию [3, с. 90]), так как в ней важную роль играют быстрые электроны, вырываемые рентгеновскими лучами [4, с. 433]; рентгеновскую и гамма-люминесценцию иногда относят также к частным случаям радиолюминесценции [3, с. 90; 8, с. 222]
Катодолюминесценция	Люминесценция, возникающая при бомбардировке люминофора электронами (катодными лучами) [1, с. 246–247; 3, с. 90; 6, с. 367; 7, с. 140–141], а также другими заряженными частицами [5, с. 417] (в этом случае к катодолюминесценции можно отнести ионо- и α -люминесценцию)	Катодолюминесценция может также считаться частным случаем радиолюминесценции [1, с. 624]. Кроме того, если заряд других частиц (при расширении смыслового содержания определения) положительный, можно наряду с катодолюминесценцией говорить об анодолюминесценции
Кандолюминесценция	А. Люминесценция, возникающая при механических воздействиях (например, при разрушении кристаллической решетки) [1, с. 624]; Б. Свечение, возникающее при помещении вещества в пламя (например, газовой горелки), но не относящееся к тепловому [3, с. 90]	Первое из определений, приведенных в ячейке слева, напоминает определение триболлюминесценции [3, с. 90; 9, с. 166]
Радиолюминесценция	А. Свечение, возникающее под действием ядерных излучений (α -частиц, β -частиц, γ -лучей, протонов и др.) [3, с. 90], а также (помимо перечисленного) нейтронов и жестких рентгеновских лучей [8, с. 222]. Б. Свечение, возникающее под дей-	Сравнение определений, приведенных в ячейке слева, с определениями других типов люминесценции позволяет сделать вывод, что радиолюминесценция (за исключением нейтронной) может быть связана с разновидностями

Продолжение таблицы 2

Тип люминесценции	Примеры определений	Примечания
	ствием проникающей радиации вообще (к ней относится рентгено-, катодо-, ионо- и α -люминесценция) [1, с. 624]	катодолюминесценции и фотолюминесценции. Первый пример определения наводит на мысль, что выделение радиолюминесценции в отдельный тип заключается, скорее, не в способе возбуждения среды (с физической т. зр.), а в способе предварительной генерации частиц, создающих это возбуждение

Следует также отметить, что люминесценция, возбуждаемая одними и теми же заряженными частицами (прежде всего – электронами) может относиться к разным типам. Соответствующие примеры рассмотрены в таблице 3.

Таблица 3 – Разные типы люминесценции, возбуждаемой одними и теми же заряженными частицами

Тип люминесценции	Электроны	Примеры источников с подобными определениями	Возможность распространения данного определения на другие заряженные частицы
Электролюминесценция	Создают электрический ток в веществе	[5, с. 417; 6, с. 367; 7, с. 136; 9, с. 536]	Да, если ток в данной среде может создаваться не только электронами
Радиолюминесценция	Выходят из ядер как β -частиц	[3, с. 90; 8, с. 222]	Да, только названия частиц уже другие (не β -частицы)
Катодолюминесценция	Направляются на поверхность вещества в виде пучка	[1, с. 246–247; 3, с. 90; 6, с. 367; 7, с. 140–141]	Да [5, с. 417]

Различия между флуоресценцией и фосфоресценцией рассмотрены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные различия между флуоресценцией и фосфоресценцией

	Флуоресценция	Фосфоресценция
Характерное время	От 10^{-8} до 10^{-9} с	Более 10^{-4} с
Переход атомов из возбужденного состояния в нормальное	Без промежуточного нахождения в метастабильном состоянии	С промежуточным нахождением в метастабильном состоянии
В каких облучаемых веществах наблюдается	В газах, растворах органических веществ (например, синевато-молочное свечение керосина на дневном свете), некоторых кристаллах	В некоторых твердых телах (например, кристаллах сернистого цинка)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Совет. энцикл., 1990. – Т. 2 : Добротность – Магнитооптика. – 703 с.
2. Толкачѳв, Е. А. Современная концепция естествознания: начала и образ науки в массовом образовании / Е. А. Толкачѳв. – Минск : РИВШ, 2012. – 212 с.
3. Сивухин, Д. В. Атомная и ядерная физика : учеб. пособие: в 2 ч. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1986. – Ч. 1: Атомная физика. – 416 с.
4. Элементарный учебник физики : в 3 т. / под ред. Г. С. Ландсберга. – Репринт 10-е изд., перераб. – М. : АОЗТ «Шрайк», 1995. – Т. III : Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. – 656 с.
5. Яворский, Б. М. Справочное руководство по физике / Б. М. Яворский, Ю. А. Селезнев. – М. : Наука, 1975. – 624 с.
6. Кибец, И. Н. Физика: Справочник / И. Н. Кибец, В. И. Кибец. – Харьков : Фолио; Ростов н/Д : Феникс, 1997. – 479 с.
7. Гончаренко, С. У. Основні поняття і закони фізики : Довідник для учнів / С. У. Гончаренко, О. І. Ляшенко. – К. : Рад. шк., 1986. – 286 с.
8. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1994. – Т. 4 : Пойнтинга – Робертсона – Стримеры. – 704 с.
9. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1998. – Т. 5 : Стробоскопические приборы – Яркость. – 691 с.
10. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Совет. энцикл., 1988. – Т. 1 : Ааронова – Бома эффект – Длинные линии. – 704 с.

ОБ ИЗУЧЕНИИ НЕЙТРОНИЗАЦИИ ВЕЩЕСТВА В КУРСАХ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

А. И. Серый

*Учреждение образования «Брестский государственный университет
имени А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь*

Нейтронизация вещества относится к предметам исследования современной астрофизики. Вместе с тем, обратные бета-процессы, которые к ней приводят и могут сами по себе считаться ее разновидностью, изучаются также в курсе физики атомного ядра и элементарных частиц [1, с. 87]. В связи с этим представляется интересным дать сравнительную характеристику различных каналов нейтронизации.

Соответствующие сведения оформлены ниже в виде таблицы. Сравниваются следующие каналы.

I. Обычный электронный захват.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

II. Образование нейтрона при рассеянии электрона на ядре.

III. Нейтронизация плотного вещества. В таблице рассмотрены следующие вопросы:

A. Величина, характеризующая данный канал.

B. Зависит ли эта величина от индукции магнитного поля B и плотности вещества ρ .

B. Необходимое условие реализации данного канала (при этом m_e – масса электрона, m_Z – масса ядра с зарядовым числом Z , m_p – масса протона, m_n – масса нейтрона, μ – химический потенциал электронов, включающий $m_e c^2$, c – скорость света, T_e – кинетическая энергия электрона).

Г. Разновидности канала.

Д. Возможные альтернативные развития событий.

Таблица – Сравнительная характеристика каналов нейтронизации

	I	II	III
A	Вероятность захвата в единицу времени w , среднее время жизни ядра $\tau \sim 1/w$	Сечение реакции σ	То же, что в канале I
B	В земных условиях – нет, так значения B и ρ относительно малы; в астрофизических условиях вероятность реализации подходящих значений B и ρ существенно возрастает		Да, если значения B и ρ велики (для ρ это, как правило, выполняется, поскольку вещество уже названо плотным само по себе)
B	$m_e + m_Z > m_{Z-1}$	$m_e + m_Z + T_e/c^2 > m_{Z-1}$	$m_Z + \mu/c^2 > m_{Z-1}$ или $m_p + \mu/c^2 > m_n$
Г	K -, L -, N - и т.д. захват	Захват из s -, p -, d -, f - и т. д. состояния	1) захват электрона с различных энергетических уровней; 2) образовавшийся нейтрон свободный или в составе ядра
Д	Захвата не происходит, электрон продолжает существовать	Рассеяние без захвата (по формуле Резерфорда с поправками)	То же, что в канале I

Таблица составлена на основе сведений из [1, с. 87; 2, с. 88–92] и может быть использована в образовательном процессе при изучении астрономии, физики атомного ядра и элементарных частиц, статистической термодинамики (в последнем случае это связано с тем, что затрагивается вопрос о химическом потенциале).

В таблице не рассмотрен канал, связанный с позитронным распадом протонов с последующей аннигиляцией позитронов с электронами вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1987. – Т. 5 : Атомная и ядерная физика: в 2-х ч. – Ч. 2. Ядерная физика. – 426 с.
2. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т имени А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

**ФОРМИРОВАНИЕ У УЧАЩИХСЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
ГРАМОТНОСТИ В ОБЛАСТИ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ
СРЕДСТВАМИ ПРЕДМЕТА «ФИЗИКА»**

И. А. Ситникова

*Государственное учреждение образования «Кировская средняя школа
Витебского района», г. Витебск, Республика Беларусь*

Здоровье во все времена считалось высшей ценностью, основой активной творческой жизни, счастья, радости и благополучия человека. В современном обществе оно становится еще и условием материальной и социальной успешности. Недаром одним из критериев качества образования являются здоровье и здоровый образ жизни учащихся.

Актуальной социальной проблемой цивилизации является рост болезней. Многие из них начинаются уже в школьном возрасте. В связи с этим важной задачей становится санитарное просвещение и пропаганда здорового образа жизни (ЗОЖ) в учреждениях образования. Здоровье нации – существенный показатель, который определяет общественное и экономическое развитие государства. Формирование соответствующих установок в отношении здоровья начинается с детства в семье, потом в детском саду, а затем продолжается в школе. Эта процедура имеет большое значение, потому что ранние установки и привычки влияют на здоровье и состояние человека во взрослой жизни, часто они определяют его активность и положение в обществе. Эпидемия COVID-19 наглядно продемонстрировала потребность как детей, так и взрослых в конкретизации знаний о здоровье, поведении и актуализировала необходимость усиления внимания к формированию функциональной грамотности в области здоровьесбережения в учреждениях образования. Система образования является тем триггером, который активно влияет на повышение уровня функциональной грамотности учащихся в области здоровьесбережения за счёт включения навыков и знаний в этой области в существующие программы обучения [1, с. 49].

Под функциональной грамотностью в сфере сохранения здоровья понимают определённый уровень образованности учащихся, демонстрирующий степень овладения ключевыми компетенциями ЗОЖ, позволяющий эффективно адаптироваться к меняющемуся внешнему миру и успешно осуществлять различные виды деятельности, занимаясь заботой о сохранении своего психического и фи-

зического здоровья. Функциональная грамотность определяется набором аспектов, связанных со знаниями, мотивацией и компетенцией в сфере здоровья, необходимыми для принятия решений по профилактике заболеваний и укреплению здоровья [2].

Школа по своим функциям не является лечебным учреждением, однако ее значение для формирования навыков здорового образа жизни и знаний о здоровье велико. Одним из важнейших направлений этой деятельности является разработка соответствующего образовательного пространства. Необходимо отметить, что наряду с другими предметами естественнонаучного цикла, физика обладает большими возможностями в его формировании.

Так получилось, что биология и медицина не попали в разряд точных наук. Предмет, который они изучают, – живой организм – так сложен и многообразен, что точно описать его характеристики и закономерности до сих пор не представляется возможным. На протяжении многих веков биология была лишь описательной наукой и практически не объясняла причин большинства явлений, происходящих в живом организме, в том числе и организме человека. Использование достижений физики и химии сделало возможным не только объяснение процессов, происходящих в организме человека, с позиции законов этих наук, но и разработку современных методов диагностики и лечения различных заболеваний. Невозможно представить себе сегодняшнюю медицину без оснащения богатейшим набором физических приборов, позволяющих поставить борьбу за жизнь и здоровье людей на более высокий уровень. Становятся актуальными знания о возможностях человеческого организма и путях повышения потенциала здоровья.

Формирование у обучающихся знаний о здоровье и навыков здорового образа жизни средствами предмета «Физика» может осуществляться по следующим направлениям:

- обеспечение здоровьесберегающего образовательного процесса на уроке физики – комфортная пространственная среда, соблюдение правил безопасности, динамические паузы, релаксация, благоприятный психологический климат, развивающая образовательная среда;

- базовая программа – актуализация в систематическом курсе «Физика» учебного материала здоровьесберегающего содержания;

- интегрированные блоки, уроки – проведение интегрированных уроков в отдельных темах курса «Физика», включение в тематическое планирование по каждому классу интегрированных блоков «Человек и его здоровье как объект физического познания»;

- факультативные занятия – проведение в 11 классе факультативных занятий «Человек и его здоровье как объект физического познания»;

- внеклассная работа по предмету – выпуск тематических газет и бюллетеней «Здоровье человека и законы природы», проведение серий внеклассных мероприятий «Как знание законов физики поможет сохранить и укрепить свое здоровье», организация исследовательской деятельности учащихся и т. д.

Наиболее системно знания о физических законах, позволяющих сохранять здоровье, могут передаваться учащимся на факультативных занятиях в 11 классе «Человек и его здоровье как объект физического познания». Программа таких занятий имеет гриф «Рекомендовано научно-методическим учреждением «Национальный институт образования» Министерства образования Республики Беларусь». Разработка программы вызвана потребностью расширения межпредметных связей естественнонаучных дисциплин, гуманитаризации физического образования, актуализации знаний о возможностях своего организма, путях повышения потенциалов здоровья. Задачи курса: формирование целостной естественнонаучной картины мира; осознание человека как части природы; исследование процессов жизнедеятельности человека с позиции законов физики; формирование потребности в сохранении здоровья и навыков здорового образа жизни.

В результате изучения факультативного курса учащиеся должны уметь осознавать человека как объект природы, следующий ее законам, применять законы физики к объяснению процессов жизнедеятельности человека, объяснять воздействие окружающей среды на организм человека, моделировать свое поведение, направленное на сохранение и укрепление здоровья с использованием полученных знаний.

Структура учебного материала факультативных занятий согласована со структурой учебного материала предмета «Физика» и включает в себя основные темы последнего, в которых рассматривается значение соответствующих законов для жизнедеятельности человека. Содержание учебного материала расширяет знания учащихся в области естественных наук, в области применения физических законов, связывает их с жизнедеятельностью человека, с вопросами здоровья.

Основные формы организации учебных занятий – семинар, ролевая игра (в которой учащиеся становятся на позицию научных сотрудников-исследователей), лабораторная работа, экскурсия. Главные методы работы – проблемно-поисковый и исследовательский. Целесообразными являются широкое вовлечение учащихся в реферативную работу и применение метода проектов в отношении разработки физических приборов для исследования характеристик человеческого организма.

Особое значение программа может иметь для школ, реализующих как главное направление, работу по укреплению здоровья учащихся. Темы отдельных занятий могут включаться в тематическое планирование систематического курса физики.

Проведение факультативных занятий обеспечено учебно-методическим пособием для учителя [2] и учебным изданием для учащихся [3–5].

В учебно-методическом пособии для учителя приводится тематическое планирование факультативных занятий, а также материалы для проведения каждого занятия, которые включают в себя примерные методические рекомендации, перечень рассматриваемых вопросов, фактический материал для учителя, который может быть использован на занятии. В конце каждой темы приводится перечень задач, которые, по усмотрению учителя, могут решаться на занятиях.

Задачи подобраны по теме факультатива, но они способствуют повторению практически всех разделов курса физики. Приведены также примерные рекомендации по проведению лабораторных работ. Книга для учащихся может быть охарактеризована как коллаж, подборка фактов, иллюстрирующих применение физических законов к описанию процессов, протекающих в организме человека, и методов их изучения.

Проведение работы в области формирования функциональной грамотности в вопросах здоровьесбережения можно детерминировать как любую комбинацию запланированного обучения с использованием доказательной практики и теорий, которые дают возможность приобрести знания, умения и навыки, необходимые для принятия и сохранения здорового образа жизни, позволяющие учащимся находить и оценивать информацию о здоровье, требующуюся для принятия осознанных решений в отношении здоровья и, в конечном итоге, обеспечивают основу для того, как отстаивать собственное благополучие на протяжении всей своей жизни [1, с. 52].

Проектно-исследовательская деятельность учащихся, организуемая учителем, тесно связана с биологией, медициной. Навыки здорового образа жизни формируются тем более успешно, чем более понятными становятся их научные обоснования. Учащимися 9 класса подготовлен исследовательский проект «Разработка модели для демонстрации основных закономерностей гемодинамики». Учащимися разработана и изготовлена модель, с помощью которой можно исследовать и продемонстрировать основные закономерности движения крови по сосудам. Результаты исследований позволили учащимся сделать вывод, что одни из главных рекомендаций здорового образа жизни имеют под собой доказательную базу, основанную на физических законах.

Залогом успешности работы по формированию знаний о здоровье и навыков здорового образа жизни у школьников являются ее системность и систематичность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петрович, М. Н. Функциональная грамотность в области здоровьесбережения учащихся / М. Н. Петрович // Наука и образование. – 2022. – № 4. – С. 49–53.
2. Health literacy and public health : A systematic review and integration of definitions and models [Electronic resource] / K. Sorensen [et al.] // BMC Public Health. – 2012. – Vol. 25, № 12. – Mode of access: <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-12-80>. – Date of access: 02.10.2021.
3. Ситникова, И. А. Человек и его здоровье как объект физического познания : учебно-методическое пособие / И. А. Ситникова. – Режим доступа: <https://www.aversev.by/skachat/raboty-uchastnikov/>. – Дата доступа: 02.09.2023.
4. Ситникова, И. А. Физика человека / И. А. Ситникова, А. И. Слободянюк. – Минск : Нац. ин-т образования, 2010. – 76 с.
5. Ситникова, И. А. Физика человека [для 7–11-х классов] / И. А. Ситникова, А. И. Слободянюк. – Минск : Белорусская ассоциация «Конкурс», 2018. – 80 с.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ
НА СОВРЕМЕННОМ УРОКЕ*****В. Н. Соловей****Государственное учреждение образования «Средняя школа № 16 г. Полоцка»,
г. Полоцк, Витебская область, Республика Беларусь*

Урок – это не только «основная форма организации учебного процесса», но и то, что мы извлекаем из нашей жизни. Главным требованием сегодняшнего дня является подготовка учащихся к предстоящей взрослой жизни. И от того, насколько будет плодотворной работа на уроке, станет определяющим фактором в выборе профессии. Термин «традиционное обучение» подразумевает прежде всего организацию обучения, сложившуюся в XVII веке на принципах дидактики, сформулированных Я. С. Коменским [3]. За столь длительный промежуток времени в системе образования произошли существенные изменения. Процесс обучения в традиционном обучении характеризуется отсутствием самостоятельности, слабой мотивацией учебного труда. Сейчас неотъемлемой частью учебного процесса стало применение лично-ориентированных технологий. Прекрасным дополнением на различных этапах урока является использование современных технических средств обучения.

Всю свою педагогическую деятельность я пыталась отыскать такие образовательные технологии и методы обучения, которые ни в коей мере не отрицают необходимости и пользы знаний, позволяют построить процесс обучения таким образом, чтобы при этом целенаправленно развивались индивидуальные способности учащихся, формировалась система знаний, выстраивалась система ценностей. Главным для меня было найти те формы работы, чтобы детям было интересно и легко учиться, и у нас сложились бы партнерские, доброжелательные отношения. Чтобы качественно усвоить изучаемый материал и применить знания на практике, вовлекаю в активную деятельность самих учащихся, используя экспериментальные исследования, нетрадиционные формы уроков, исследовательские работы.

В обучении необходимо отдавать приоритеты тем видам учебной деятельности, которые предполагают развитие самостоятельной познавательной деятельности, стимулируют осмысленный эвристический поиск. Важная роль в этом отводится технологии проблемного обучения, способной развивать творческие и интеллектуальные способности учащихся, повышать учебную мотивацию и качество знаний в целом. Мышление учащегося развивается значительно лучше в проблемной ситуации, поэтому на уроке стараюсь создать атмосферу поиска, исследования, открытия. Для меня эта тема очень актуальна, так как по физике сравнительно низкий уровень качества знаний. На конец учебного года в профильных группах мы вышли на стопроцентное качество знаний, а также значительно повысился средний балл и в классах, изучающих физику на базовом уровне.

Решать эти вопросы помогает постановка учащегося в условия исследователя во время проведения фронтальных лабораторных работ или экспериментов. Основной задачей физического исследования, эксперимента является измерение физических величин и установление зависимости между этими величинами. В кабинете физики на сегодняшний день имеется все необходимое оборудование для показа различных опытов в видеоформате, но провести эксперимент самостоятельно значительно интереснее. Пробуждение желания решить проблему в сочетании с потребностью узнать что-то интересное, новое и составляет важный момент в проблемном обучении – принятие проблемы к решению. Предлагаю некоторые фрагменты занятий, которые помогают развивать гражданские компетенции учащихся, при этом не теряются образовательные цели урока. При изучении темы «Трансформатор» перед классом ставлю проблемный вопрос: «Почему у школьного, разборного трансформатора низкий коэффициент полезного действия (50–70 %)»? Из множества версий, предположений, догадок выбираем основные и делаем вывод. Низкий КПД школьного трансформатора объясняется плохой изоляцией между пластинами сердечника (трансформатор нагревается даже на холостом ходу), значительным воздушным зазором, толстой межвитковой изоляцией и как результат этого – недостаточным количеством витков на каждой из катушек. Значительно снижает КПД трансформатора и разборная конструкция сердечника.

Следующий вопрос: «Почему КПД трансформатора значительно выше, чем двигателей?» После небольшой дискуссии приходим к правильному ответу: трансформаторы не имеют вращающихся частей, а значит, у них нет потерь на трение.

При изучении темы «Преломление света» предлагаю объяснить следующий опыт (учащиеся работают в группах по четыре человека): на поверхность воды в стакане нальем слой растительного масла толщиной 1 см. Стакан хорошо освещаем. Иголкой проткнем слой масла в центре стакана. Пройдя слой масла, иголка должна пройти в воду примерно на 1 см. Если посмотреть на стакан сбоку, то видна одна сплошная иголка, состоящая из частей разной толщины: нижняя часть иголки – та, что в воде, стала несколько толще верхней, которую вы держите пальцами, а средняя, находящаяся в масле, – толще всего. Сдвинем немного иголку влево или вправо к стенке стакана, и она неожиданно «разрежется» на три части: верхняя зажата в ваших пальцах, нижняя часть иголки, находящаяся в воде, немного сдвинулась относительно верхней к краю стакана, а вот средняя совсем «уехала» к его краю. Продолжая перемещать иголку, мы видим, что быстрее всего движется средняя часть, медленнее всего – верхняя часть иголки, находящаяся в воздухе. Проблемный вопрос: почему иголка «рассыпалась» на три части? Дело в том, что в воздухе преломление лучей, идущих от иголки, не происходит; в масле же и в воде, благодаря преломлению света в этих веществах, мы видим отдельные части иголки не там, где они на самом деле находятся. В воде это смещение меньше, чем в масле, ведь показатель преломления воды меньше показателя преломления масла. В ходе эксперимента учащиеся проверили выполнение закона преломления света.

Тему «Магнитное поле» изучаем, используя экспериментальные задания, предложенные каждой группе. Задания для групп:

1. Даниил занимается коллекционированием монет, сделанных из цветных металлов. Друзья принесли ему еще пять монет для пополнения коллекции. Выяснить, какие из монет не подходят для его коллекции? Почему? Можно использовать магнитную стрелку и учебник.

2. У вас в наличии имеются два железных ключа. Дверь в пещеру, где хранится клад, можно открыть только намагниченным ключом. Предложить варианты решения проблемы.

3. Постоянный магнит разделили на три части. Какие полюса возникли на концах каждой части магнита?

4. Определите, куда повернется магнитная стрелка, если по круговому витку электрический ток идет в направлении от точки А к точке С. Ответ проверьте экспериментально.

Решение задач – это и цель, и средство обучения физике [3]. Трудности, возникающие при решении физических задач, весьма разнообразны, но основная сложность заключается в правильном понимании сущности рассматриваемого физического явления, понимании физических законов, описывающих это явление. А еще одна немаловажная причина заключается в том, что решение задач вызывает большие затруднения. Это вызвано рядом причин: невнимательно прочитано условие задачи; не знание формул и проблемы, связанные с вычислениями. Для преодоления этих трудностей пытаюсь изменить сам подход к обучению, придав решению задач творческий характер. По мере возможности стараюсь приблизить урок к реальной жизни [4]. Неподдельный интерес, особенно у мальчиков, вызывают темы уроков по электричеству. Сегодня невозможно представить нашу жизнь без электричества. Экономия и бережливость – самый актуальный девиз сегодняшнего дня. Мы постоянно говорим об экономии электричества.

Учащимся предлагаются следующие задания:

1. Ключ по схеме включает две лампы одновременно. Изобразить схему цепи, в которой этот недостаток будет устранен.

2. Изменить схему так, чтобы при перегорании одной лампы в цепи вторая лампа могла гореть. Какая из схем – первоначальная или усовершенствованная удобнее для практического применения?

При изучении темы «Действие жидкости и газа на погруженное в них тело» провожу опыт: в два одинаковых сосуда, в которых налит одинаковый объем воды (в одном пресная вода, в другом – соленая) погружают деревянный брусок. Погружаю брусок поочередно в каждый из сосудов и учащиеся наблюдают за процессом погружения. Далее задаются вопросы. Почему глубина погружения брусков разная? Что вас заинтересовало в ходе эксперимента? Как вы можете объяснить увиденное? Учитель создает проблемную ситуацию, а ученик должен осознать противоречия в изучаемом явлении. Для этого необходимо выдвинуть гипотезу, объясняющую данное явление, а затем ее проверить, используя экспериментальное и теоретическое обоснование.

Таким образом, научившись решать проблемные ситуации на уроке, учащимся будет проще решать жизненные проблемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Запрудский, Н. И. Современные школьные технологии: пособие для учителей / Н. И. Запрудский. – 2-е изд. – Минск, 2012. – 288 с.
2. Быкова, С. Н. Педагогические технологии обучения: традиционные и инновационные подходы к обучению [Электронный ресурс] / С. Н. Быкова. – Режим доступа: <https://pedportal.net/po-tipu-materiala/k-atteci/pedagogicheskie-tehnologii-obucheniya-tradicionnye-i-innovacionnye-podhody-k-obucheniyu-296021>. – Дата доступа: 09.09.2023.
3. Кочеров, Г. Г. Преподавание темы «Трансформатор» с использованием элементов технологии проблемного обучения / Г. Г. Кочеров // Фізика: Проблемы викладання : Штоквартальны навукова-метадыч. часопіс. – 2007. – № 1. – С. 13–17.
4. Исаченкова, Л. А. Физика вокруг нас / Л. А. Исаченкова, Г. Р. Пальчик. – Минск : Аверсэв, 2012. – 176 с.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПОРНЫХ СХЕМ ПРИ ИЗУЧЕНИИ
УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «АСТРОНОМИЯ»**

С. В. Соловей

Учреждение образования «Пинский государственный аграрный технологический колледж», г. Пинск, Брестская область, Республика Беларусь

В методике преподавания учебных предметов накоплен многочисленный опыт применения различных технологий обучения. Одна из них – технология логических опорных конспектов (далее ЛОК). В процессе своей педагогической и методической деятельности, я модернизировала технологию ЛОК в составление и применение структурных опорных схем (СОС).

Структурные опорные схемы представляют собой систематизированные знания о структуре объекта или способа его деятельности и выполняют в этом отношении ориентировочную, контролирующую и самоконтролирующую функцию.

Опорные схемы – это иллюстрация, краткая запись материала для изучения в обозреваемой форме. Это действие позволяет осуществить смысловую группировку содержания параграфа, вычленив в нем «опорные пункты», основные положения темы и установить некоторое соподчинение частей текста по степени их существенности. Составление СОС, особенно к сложным текстам, облегчает учащимся усвоение материала, в котором в тесном переплетении изложены факты, объяснения, выводы.

Назначение СОС заключается в том, чтобы создать у учащихся четкое, наглядное представление об учебном материале в целом как о системе знаний; помочь разобраться в его структуре; выделить главное, существенное в излагаемом материале; показать взаимосвязи между отдельными компонентами содержания темы; помочь учащимся запомнить основной материал.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Учащиеся при составлении или заполнении схемы анализируют изучаемый материал, синтезируют и структурирует его, располагая в схеме или в таблице.

При построении СОС необходимо соблюдать ряд условий:

- определить цели занятия как планируемые результаты, которые необходимо получить в конце занятия и проверить их усвоение студентами;
- разделить учебный материал на структурные части;
- все структурные части должны быть связаны между собой по содержанию;
- основа содержания темы изображается в форме единой опорной схемы.

Опорные конспекты как средство обучения способствуют наиболее осмысленному усвоению понятий, формированию глубоких знаний, их систематизации, помогают управлять познавательной деятельностью, развивают умение самостоятельной работы, индивидуальные способности.

Технология применения опорных схем предполагает, что при подведении итогов изучения какого-либо содержания каждый учащийся воспроизводит опорную схему, что позволяет педагогу определить уровень усвоения, получить сведения о результатах обучения.

Опорная схема является вторичным текстом, так как в ней в краткой форме передаются основные сведения исходного материала.

На учебном занятии учащиеся выполняют различные виды деятельности: запоминание, восприятие нового материала в структурно-логической последовательности и целостности. На начальном этапе составляется детальная опорная схема. В заключительной части занятия на основе такой схемы идет краткое повторение и обобщение ключевого материала. Предполагается и самостоятельное дополнение СОС в процессе проработки информации.

В методике использования СОС организация всего учебного процесса и учебной деятельности учащимися должна быть четко сформулирована и иметь определенную последовательность:

- развернутое объяснение преподавателем темы, заданий, которые стоят перед учащимися, особых понятий, которые подлежат усвоению;
- изложение нового материала с поэтапным и сжатым объяснением учебного материала по опорной схеме;
- работа с опорной схемой;
- домашняя и индивидуальная работа со схемой;
- контроль усвоения в ходе фронтальной проверки;
- практическое закрепление нового материала;
- систематизация и обобщение знаний.

Рекомендуется учитывать следующие методические приемы использования опорных схем:

- 1) на первом занятии необходимо познакомить учащихся с особенностями этой методики;
- 2) новый учебный материал объяснять четко, понятно, доступно, эмоционально, делая акцент на опорные вопросы, которые есть в схеме, с применением информации в учебном пособии;
- 3) следует помнить, что схема должна последовательно раскрывать новый материал, поэтому при подготовке схемы следует тщательно продумать каждый её элемент;

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

4) учащимся предоставляется время для занесения информации в опорную схему.

5) если схема используется как раздаточный материал, то учащиеся приклеивают ее в рабочую тетрадь;

6) при выполнении домашнего задания учащимся рекомендуется воспроизвести содержание нового материала по опорной схеме;

7) кроме письменного воспроизведения схемы необходимо производить устный опрос.

При работе по составлению опорной схемы выработаны следующие правила:

- Последовательность построения ОС на занятии:

- разбивка учебного материала на структурные части;

- отбор необходимой информации;

- краткое обобщение;

- краткое воспроизведение.

- Правила составления ОС:

- прочитать параграф;

- мысленно разбить на смысловые блоки;

- вычленить в нем главную мысль.

- Правила подготовки домашнего задания для учащихся:

- прочитать текст учебника;

- сравнить его с опорной схемой;

- пересказать текст по схеме;

- заучить схему по блокам;

- воспроизвести всю схему.

При данной технологии возрастает интерес к предмету, и самостоятельная деятельность переходит на качественно иной, творческий уровень. При выполнении структурных опорных схем учащиеся превращаются в исследователей, что приводит к развитию интереса к астрономии, творческой активности, любознательности. А творческий человек способен к саморазвитию.

Опорные схемы помогают преподавателю: организовать и использовать учебный и дополнительный материал различного содержания, вида и формы; предоставлять ученику свободу выбора средств и способов выполнения задания; анализировать и оценивать индивидуальные способы учебной работы; наглядно предоставлять учащимся весь изучаемый материал; сконцентрировать внимание на отдельных, наиболее трудных местах изучаемого материала; многократно повторять учебный материал.

Опорные схемы помогают учащимся: освоить основные знания по астрономии; способствует концентрации внимания; многократно повторять учебный материал; поверить в свои силы и возможности.

Таким образом, опорные схемы как средство обучения способствуют более осмысленному усвоению учебного материала, формированию глубоких знаний, их систематизации. Использование опор предполагает управление познавательной деятельностью учащихся, развитие у них умений самостоятельной работы, самоконтроля.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Таблица – Образец построения СОС. Тема «Предмет астрономии»

Астрономия	Фундаментальная наука, изучающая строение, движение, происхождение и развитие небесных тел, их систем и всей Вселенной в целом	
Задачи астрономии	объяснение астрономических явлений	прогнозирование
	Солнечные и лунные затмения, появление периодических комет, прохождение астероидов, крупных метеоритных тел или ядер комет	
Цель	Изучить происхождение, строение и эволюцию Вселенной	
Разделы астрономии	Раздел	Краткая характеристика
	Практическая астрономия	Изучает методы определения географических координат, азимутов направлений точного времени и описывает применяемые при этом инструменты. Методы практической астрономии применяют в морской, авиационной и спутниковой навигации, геодезии
	Небесная механика	Изучает законы движения небесных тел под воздействием сил всемирного тяготения, определяет массы и формы небесных тел и устойчивость их систем
	Сравнительная планетология	Изучает физику планет Солнечной системы
	Астрофизика	Изучает физические явления и химические процессы, происходящие в небесных телах, их системах и в космическом пространстве
	Звездная астрономия	Занимается исследованием движения и распределением в пространстве звезд, газовых туманностей и звездных систем, их структурой и эволюцией, проблемой их устойчивости
	Космология	Изучает происхождение, строение и эволюцию Вселенной как единого целого
	Космогония	Изучает происхождение и развитие небесных тел и их систем
	Гравитационно-волновая астрономия	Изучает космические объекты путем исследования их гравитационного излучения при помощи регистрации его прямого воздействия на детекторы гравитационных волн
Астрономические наблюдения	Целенаправленная и активная регистрация информации о процессах и явлениях, происходящих во Вселенной	
Основной способ исследования небесных объектов	Астрономические наблюдения, выполняемые с помощью современных наземных и космических телескопов	
Основное назначение астрономии	Формирование научного мировоззрения людей	

УЧЕБНЫЕ ЭКСКУРСИИ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ УЧАЩИХСЯ В РАМКАХ ПРЕДМЕТА «ФИЗИКА»

Н. Г. Хвалько

*Государственное учреждение образования «Средняя школа № 28
г. Витебска имени Е. С. Зеньковой», г. Витебск, Республика Беларусь*

Данная методическая разработка посвящена одной из проблем современного образования – воспитание личности – инициативной, креативной, ответственной, готовой обучаться на протяжении всей жизни.

В работе используются следующие понятия: идентичность человека – динамическая структура, она развивается на протяжении всей жизни; национальная идентичность (национальное самосознание) – одна из составляющих идентичности человека, связанная с ощущаемой им принадлежностью к определённому этносу или нации. Национальная идентичность – это чувство «нации как связанного целого, представленного уникальными традициями, культурой и языком» [1]. Учебная экскурсия – форма организации обучения, предполагающая изучение различных предметов и явлений в реальных условиях. Учебная экскурсия уникальна тем, что она может быть проведена и в рамках урока (воспитательный компонент урока), и в рамках внеурочной деятельности (предметные факультативы, кружки).

Национальную идентичность можно формировать через учебные экскурсии в контексте стратегических приоритетов нашего государства, где важное место принадлежит приоритетам, ориентированным на исторические и социокультурные истоки и традиции белорусского народа, чувства патриотизма и ответственности за его судьбу.

Для реализации данного материала я опираюсь на план воспитательной работы учреждения «Средняя школа № 28 г. Витебска имени Е. С. Зеньковой», осуществляемый в соответствии с Кодексом Республики Беларусь об образовании, программой непрерывного воспитания детей и учащейся молодёжи на 2021–2025 гг., Стратегией развития государственной молодёжной политики в Республике Беларусь до 2030 года, в которой определены приоритеты, соотносящиеся с основными сферами жизнедеятельности молодёжи и иными официальными документами.

Учитывая, что «Белорусское образование включает в себя как процесс обучения, так и воспитания, в котором на первое место ставится формирование уважения к своему Отечеству, народу, языку, белорусской культуре, традициям и обычаям» [2, с. 19], я определила актуальность направления моей педагогической деятельности.

Актуальность выбранного мной направления работы обусловлена противоречиями, которые имеют место в массовой образовательной практике:

– сложившийся дисбаланс между обучением и воспитанием приводит к отдалению учащихся от науки, падению их интереса к изучению в частности физики и снижению успеваемости по предмету;

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

– между возрастающей долей информатизации общества и неумением анализировать полученный материал, вычленять главное, истинное и отсортировать второстепенную информацию;

– между необходимостью реализации специальной методической подготовки учителей физики к работе в условиях информатизации школьного физического образования и традиционной физико-методической подготовкой специалистов системы образования.

Таким образом, существует необходимость систематизации материалов по организации и проведению экскурсий для формирования национальной идентичности учащихся в рамках предмета «Физики».

Используя возможности компьютеров, планшетов, смартфонов, помогаю своим ученикам обратиться к принципиально новым познавательным средствам, самостоятельно найти, обработать, проанализировать информацию. Ведь современные технологии позволяют проводить экскурсии не только офлайн, но и онлайн. Основа проведения учебных экскурсий состоит в том, чтобы добиться обстоятельного осмысления и прочного усвоения изучаемого материала. Огромные возможности для воздействия на формирование национальной идентичности у учащихся, что приводит к успешной самореализации учащегося, к адаптации его в современном информационном мире.

В рамках преподавания предмета «Физика» с использованием образовательной формы «Экскурсия» широко используются направления работы «Школы Мира», созданной на базе учреждения «Средняя школа № 28 г. Витебска имени Е. С. Зеньковой» в 2019 году. А также направление работы музея декоративно-прикладного искусства «Шкатулка народных ремёсел», музейной экспозиции «Блокадному Ленинграду посвящается».

Целью деятельности школьных музеев краеведческой и военно-патриотической направленности является воспитание гражданина и патриота, человека высокой социальной активности через использование музейных фондов. Особое место в деятельности школьных музеев занимает социально значимая деятельность, связанная с выездными выставками, концертами, участием в акциях по уходу за воинскими захоронениями, памятниками, обелисками и мемориальными досками, а также поисковой работой.

В учреждении образования действует объединение по интересам «Юный патриот», в системе работы которого происходит формирование двух базовых идентичностей учащихся:

– ученик как «гражданин школы», как член детско-взрослой школьной общности. Именно в общественной организации у него есть шанс получить опыт гражданского действия в малом сообществе, приобрести первый опыт свободного действия вместе со сверстниками и взрослыми.

– идентичность гражданина общества. Учащийся выходит во внешкольное открытое социальное пространство через деятельность общественных организаций.

Одним из методов, используемых во время проведения экскурсии для формирования национальной идентичности, является социальное проектирование.

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

Участвуя в реализации проектов, учащиеся конкретными делами проявляют свою гражданскую позицию, гражданскую активность, ответственность, воспитывают такие качества, как целеустремленность, последовательность, настойчивость, умение отстаивать свое мнение, доводить начатое дело до конца.

Активное участие учащихся под моим руководством в реализации социального проекта «Школа Мира» по направлению «Мир через культуру» является тому доказательством. Систематическое участие в международном конкурсе научно-технических и художественных проектов по космонавтике «Звёздная эстафета» с посещением Звёздного городка расширяет кругозор учащихся, позволяет испытать чувство гордости за белорусскую космонавтику.

Одним из достоинств применения экскурсий в образовательном процессе считаю повышение интереса за счет новизны деятельности, мотивации к работе с различными информационными источниками, повышающими качество наглядности, обеспечивающими демонстрацию изучаемых объектов (процессов). Портативные устройства (гаджеты), полезные приложения неизбежно становятся эффективными средствами организации активной, осмысленной работы учащихся.

Таблица – Направления по формированию национальной идентичности учащихся

Составляющие идентичности	Подходы в обучении на уроке		
	эмоционально-оценочный	ценностно-ориентированный	деятельностный
Страна	Осознание себя частью общества	гордость за свою страну; уважение истории, культурных и исторических памятников	Готовность защищать свою страну; природосберегающая и здоровьесберегающая деятельность
Нация	Принятие собственной национальной принадлежности, доброжелательное отношение к окружающим	Социальная солидарность, толерантность	Готовность к равноправному сотрудничеству, стремление следовать в своём поведении нормам морали
Культурное пространство	Добросовестное и ответственное отношение к труду, уважение труда людей, осознание возможности познания окружающего мира	Осознание значимости труда; признание значимости науки; гордость за достижения отечественной науки	Проявление творчества и инициативе в труде; стремление к достижению более высоких результатов; умение работать с различными источниками информации; владение методами научного познания; умение адекватно оценивать свои возможности для решения поставленной задачи

Данные направления работы реализуются следующими путями:

1. Использование биографического материала, который способствует нравственному воспитанию учащихся:

– показать мужество ученых в борьбе с реакционными силами (например, Софья Ковалевская, вопреки запрету образования женщин, добилась того, что смогла получить высшее образование);

– проиллюстрировать проявление высокой гражданственности и патриотизма в поведении ученых (например, как Борис Кит, который продолжал преподавать в гимназии, даже во время оккупации в городе Молодечно);

– продемонстрировать уважительное отношение ученых к труду, упорство в преодолении трудностей (например, как Павел Сухой и Михаил Высоцкий проложили путь к развитию реактивной и сверхзвуковой авиации);

– рассказать о признании отечественной науки в современном мире (например, вручение Нобелевской премии по физике, номинантом которой в 2000 г. стал уроженец Беларуси Жорес Алферов).

2. Использование исторического материала:

– знакомство учащихся с историей открытий и изобретений (например, создание многоступенчатой ракеты Казимиром Семеновичем, изобретение электрографии Яковом Наркевичем-Иодко). Ко Дню Победы можно провести семинар «Физика и война». Так, например, с учащимися 10–11 классов можно провести конференцию «Физика без границ», на которой учащиеся познакомятся с международными научными проектами;

– особое внимание необходимо уделить событиям в отечественной науке, которые оказали заметное влияние на развитие не только мировой науки, но и человечества в целом (например, создание автоматизированной системы для регистрации и обработке спектров на больших расстояниях, формулировка теории распространения волн в кристаллах, разработка электромагнитного метода разделения изотопов).

3. Использование произведений искусства на уроках физики способствует формированию эмоционально-ценностного компонента национальной идентичности. Произведения искусства на моих уроках (мероприятиях) играют роль эмоционального фона в реализации поставленной задачи:

– фрагменты художественных и документальных фильмов можно использовать для раскрытия отдельных эпизодов истории становления науки и техники, для воссоздания образов великих ученых (например, здесь широко используются фильмы из документального проекта «100 имён Беларуси», художественный фильм «Отряд особого назначения» раскрывает реальные факты Великой Отечественной войны, относящиеся к секретному оружию «Катюша»), а также прочитать отрывки из воспоминаний и выступлений ученых, стихотворения про физиков и физику.

4. Проведение учебных экскурсий на предприятия (например, на Витебский комбинат хлебопродуктов, Витебскую ТЭЦ, Белорусскую кожевенно-обувную компанию «Марко», кондитерскую фабрику «Витьба», Витебский картонажно-полиграфический комбинат «Покровский», ОАО «Витебские ковры»), которые

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации

должны своим содержанием не только помогать реализовывать национальный компонент обучения, но и способствовать формированию патриотических чувств как к малой Родине, так и к Государству в целом.

Итогом моей работы как учителя стала модель «Использование учебных экскурсий для формирования национальной идентичности учащихся в рамках предмета «Физика».

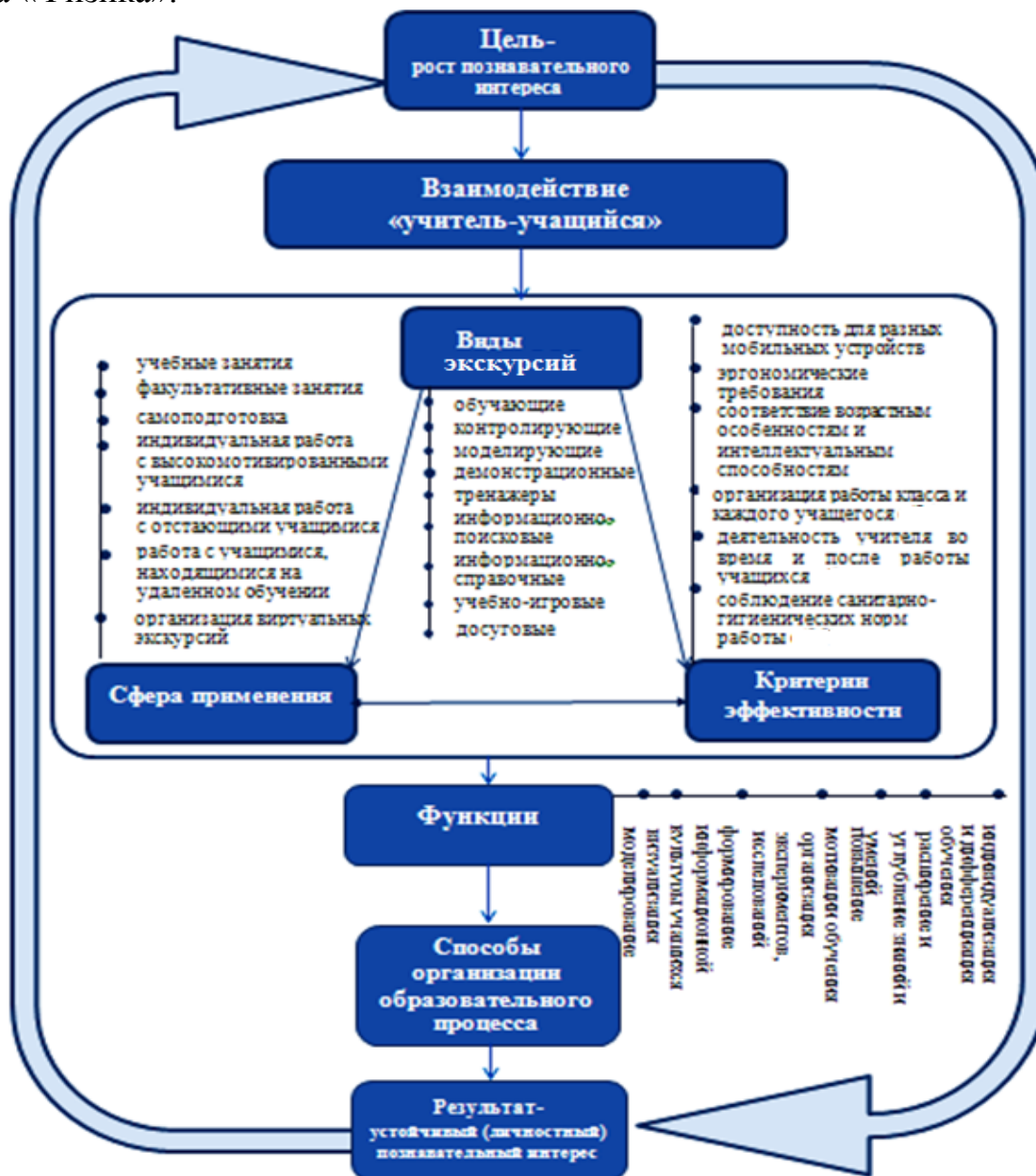


Рисунок 1 – Примерная схема

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кодэкс Рэспублікі Беларусь аб культуры. – Минск : Нац. центр правовай інформ. Респ. Беларусь, 2016. – 227 с.
2. Мусиенко, С. Г. Гордость за Беларусь: пособие для педагогов учреждений общего среднего образования с белорусским и русским языком обучения / С. Г. Мусиенко ; под ред. Д. А. Жука, М. В. Осипова. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2020. – 144 с.

**ОСОБЕННОСТИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ
НА НАЧАЛЬНЫХ КУРСАХ**

В. П. Бурцева, С. В. Родин, Ю. И. Савилова

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

Основной задачей высшего образования является формирование научного мировоззрения студентов. Этому способствуют все дисциплины, изучаемые в высшей школе. Однако ведущая роль принадлежит здесь фундаментальным (общенаучным и общетехническим) дисциплинам. К их числу относится и физика. Конечная цель в преподавании физики известна – заложить фундамент для изучения специальных дисциплин, то есть способствовать развитию физического мышления у студентов и освоению ими современной физической картины мира, а также способствовать формированию у них научного мировоззрения. Роль физики в становлении инженера, создателя современной техники, чрезвычайно велика.

Наиболее разумным методом преподавания физики, адекватным современной ситуации в науке и технике, является, на наш взгляд, метод, при котором основные элементы преподавания соответствуют основным элементам процесса научного познания. Это означает, что все атрибуты этого процесса: анализ и синтез; абстрагирование и идеализация; обобщение и ограничение; аналогия, моделирование и формализация; индукция и дедукция; аксиоматика; историческое и логическое должны органически присутствовать в преподавании физики. А это означает, что физика очень интеллектуальна. А изучение физики – не что иное, как одна из моделей процесса научного познания. Это и определяет, в частности, место и значение лабораторного практикума в преподавании физики, который является неотъемлемой частью образовательного процесса в области технических специальностей и играет существенную роль в становлении инженера, создателя современной техники. С развитием цифровых технологий лабораторные практикумы стали более эффективным инструментом для применения не только теоретических знаний, но и практических навыков, необходимых в технических областях [1, 2].

В последние годы сами вузы не имеют возможности проводить отбор имеющих знания и способных обучаться в вузах абитуриентов. Введение централизованного тестирования приучило школьников к шаблонному мышлению. Большинство набранных в вузы студентов недостаточно подготовлены в базовых для технических университетов предметах, прежде всего таких, как математика и физика. Поэтому к. п. д. обучения студентов на первых курсах низкий, несмотря на имеющиеся у них базовые знания. В итоге у некоторых студентов сформировался принцип обучения «скачал», «распечатал» и «представил» преподавателю. При этом нарушается основное правило педагогики, утверждающее, что новый материал необходимо изучать тогда, когда имеется необходи-

мая база для его усвоения. Учитывая низкую математическую подготовку студентов на первых курсах, следует отметить некоторые особенности физического практикума в преподавании физики.

Классическая педагогическая парадигма строится на принципе непосредственной передачи знаний от преподавателя студенту при помощи наработанных методик.

Исходя из содержания задач, поставленных в конкретной лабораторной работе [3], можно выделить пункты, на основе которых возможен контроль за умением переноса студентами математических представлений о функции в физические ситуации:

- представление о переменной, аргументе, параметре функции с анализом конкретных физических ситуаций;
- знание различных способов задания функции;
- представление об области определения и изменения функции;
- графическая интерпретация функциональных зависимостей между физическими величинами;
- анализ причинно-следственных связей между физическими величинами;
- абстрагирование от физической формулы к математической модели и наоборот.

Применительно к физике особый интерес представляет такое отношение между элементами двух множеств, которое можно назвать взаимно однозначным соответствием, когда двум различным элементам одного множества ставятся в соответствие два различных их образа в другом. Именно такое соответствие лежит в основе математической интерпретации большого числа физических законов, поэтому необходимо сформировать на начальном этапе учебы в вузе у студентов правильное представление о понятиях, таких как «функция», «аргумент», «параметр», «переменная». Напомним несколько определений.

Функция – это соответствие между двумя множествами, при котором каждому элементу одного множества соответствует единственный элемент второго множества.

Величина, которая может принимать множество значений (конечное или бесконечное, дискретное или непрерывное) – переменная.

Переменная, изменение которой влечет за собой изменение другой переменной (функции) – аргумент.

Величина, значение которой меняться не может (в условиях данной задачи) – параметр.

Как показывает лабораторный практикум, у студентов даже после школьного курса математики возникают затруднения при самостоятельном графическом изображении функции, поэтому необходимо уделять большее внимание формированию у студентов навыков работы с графиками, поскольку пространственный образ физического графика имеет определенные особенности. При построении графиков следует обращать внимание на то, что в роли аргумента выступает физическая величина, множество значений которой всегда положительны. Это же относится и к множеству значений физической величины, выступающей в роли функции. Поэтому в физике, как правило, отсутствует симметрия графиков как относительно начала координат, так и относительно координатных осей. При графической интерпретации экспериментальных физиче-

ских задач необходимо обратить внимание на рациональный выбор масштаба. При этом на разных координатных осях следует пользоваться разными масштабами. На лабораторном практикуме желательно продемонстрировать следующие математические модели, хорошо известные из школьного курса и имеющие реальное физическое обеспечение:

- прямая и обратная пропорциональности;
- линейная зависимость;
- квадратичная функция;
- тригонометрические функции.

Особо важную методологическую нагрузку несет анализ причинно-следственных связей между физическими явлениями при рассмотрении функциональных зависимостей, так как содержание физических законов включает в себя (в отличие от абстрактных математических) причинно-следственные связи. Поэтому необходимо в каждой экспериментальной работе четко разделять причину явления и его следствие. «Если спутать причину со следствием или принять за причину случайно сопутствующее обстоятельство, может возникнуть серьезная ошибка, заблуждение и даже суеверие» (А. Б. Мигдал – физик-теоретик, академик АН СССР).

Итак, работа в лаборатории на первом курсе преследует следующие цели:

- закрепление и улучшение школьных базовых знаний в области физики и математики (в частности, перенос учащимися математических представлений о функции в физические ситуации);
- получение некоторых элементарных навыков работы с оборудованием и приборами;
- овладение методикой обработки опытных данных;
- умение делать правильные выводы из сопоставления теории и практики.

Для достижения этих целей кафедра физики обладает и высокообразованными педагогическими кадрами, и высококвалифицированными инженерами, и практической составляющей – постоянно обновляющейся лабораторной базой, и необходимым информационным обеспечением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурцева, В. П. Организация самостоятельной работы студентов в вузе / В. П. Бурцева, С. В. Родин // Качество подготовки специалистов в техническом университете: проблемы, перспективы, инновационные подходы : материалы VI Междунар. науч.-метод. конф., Могилев, 18 ноября 2022 г. / Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий ; редкол.: А. С. Носиков [и др.]. – Могилев, 2022. – С. 28–30.

2. Родин, С. В. О физическом образовании в техническом вузе / С. В. Родин, Ю. И. Савилова // Информационные и инновационные технологии в науке и образовании [Электронный ресурс] : материалы VII Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием, Таганрог, 27–28 октября 2022 г. / Ростовский государственный экономический университет ; отв. ред.: С. С. Белоконова, Е. С. Арапина-Арапова. – Ростов-на-Дону : Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2023. – С. 676–678.

3. Механические колебания. Лабораторный практикум : пособие / И. Л. Дорошевич [и др.]. – Минск : БГУИР, 2022. – 70 с. : ил.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАНИПУЛЯТОРА «ОПТИЧЕСКАЯ МЫШЬ» В УЧЕБНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ФИЗИКЕ

Н. Н. Ворсин, Т. Л. Кушнер, К. М. Маркевич

Учреждение образование «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

В условиях развития информационных технологий, их внедрения во многие отрасли экономики, вполне естественным является применение таких технологий в сфере образования. Одной из особенностей является компьютеризация образовательного процесса, в том числе компьютеризация эксперимента. С точки зрения процесса компьютеризации физического лабораторного практикума, наблюдаются две тенденции: первая – создание виртуальных лабораторных работ, вторая – применение компьютера для управления исследованиями, обработки результатов эксперимента.

Кафедра физики учреждения образования «Брестский государственный технический университет» занимает на сегодняшний момент принципиальную позицию – не применять в учебном процессе виртуальные лабораторные работы. Вместе с тем, на кафедре активно развивается направление компьютеризации физического лабораторного практикума. Данная работа имеет статус научно-исследовательской и выполняется за счет второй половины рабочего дня. Результаты выполненных работ неоднократно докладывались на конференциях республиканского и международного уровня [1, 2].

Общая схема компьютеризации физических опытов предполагает наличие отдельного электронного блока, который оцифровывает сигналы датчиков изучаемого процесса, осуществляет их первичное накопление и передачу в компьютер. Компьютерная программа при этом содержит драйвер работы с электронным блоком. Однако в некоторых случаях удается обойтись обычным компьютерным оборудованием и имеющимися в составе его программного обеспечения драйверами внешних устройств. Речь идёт о таком оборудовании как звуковая карта, веб-камера, компьютерная мышь. Его использование существенно упрощает и удешевляет постановку учебных опытов. Например, использование звуковой карты позволяет превратить компьютер в простой осциллограф и генератор сигналов, а веб-камера даёт возможность постановки оптических опытов.

В данной работе рассмотрено применение компьютерной мыши в качестве датчика перемещения при постановке опытов по механическому движению. Напомним, что манипулятор «оптическая мышь» представляет собой видеокамеру низкого разрешения, которая с большой частотой кадров и большим увеличением фотографирует находящуюся под ней поверхность. Увеличение позволяет обнаруживать микроструктуру поверхности: неровности, поры, плетение нитей и т. д. Затем входящий в состав мыши микропроцессор сравнивает между собой кадры полученной их последовательности и определяет направление и величину перемещения мыши над поверхностью. Эта информация передается в компьютер, который осуществляет соответствующее перемещение курсора на экране монитора.

Конечно, мышь не является измерительным стандартным инструментом для точного измерения перемещения. Ей присущи такие эффекты, как проскальзывание – пропуск перемещения или, наоборот, обнаружение несуществующего перемещения. Для управления курсором на экране это не имеет значения, поскольку оператор, двигающий мышь, компенсирует данные погрешности, не замечая их. Если использовать мышь как измеритель перемещения, то она будет давать некую погрешность. Однако, как показывает практика, эта погрешность не велика и вполне допустима для учебных опытов.

На рисунке 1 показаны варианты размещения мыши в опытах с машиной Атвуда (рисунок 1а) и установкой для измерения момента инерции тел (рисунок 1б). В обоих случаях мышь определяет перемещение тянущей нити, которая проходит перед её «зрачком». При этом используется драйвер оптической мыши операционной системы, который допускает подключение нескольких мышек. В этом случае курсор на экране управляется всеми подключёнными мышками. В нашем случае оказываются подключёнными две мышки. Одна из них измеряет перемещение нити, назовём её измерительной, другая, которую назовём основной, используется по обычному назначению. Это обстоятельство не создаёт серьёзных неудобств, поскольку при проведении опыта основной манипулятор находится в покое, а в остальное время покоится измерительный манипулятор.

Мы использовали простейшую офисную мышь, основанную на оптомеханическом датчике ADNS 2610 или аналогичном ADNS 2620, либо PAN 3101. Такие датчики и их аналоги были массово изготовлены на китайских заводах и получили разную маркировку, но их параметры одинаковы. Документацию на них легко найти в интернете вместе с различными примерами программирования. Фоточувствительная матрица этого датчика содержит 18×18 пикселей и допускает перемещение мышки со скоростью до $0,3 \text{ м/с}$. Частота съёмки кадров равна 1500 с^{-1} . Надо заметить, что паспортное ограничение по максимальной скорости движения является завышенными. На практике манипулятор нормально работает при скоростях до $0,5 \text{ м/с}$.



Рисунок 1 – Вертикальное (а) и горизонтальное (б) расположение измерительного манипулятора рядом с идущей нитью

СЕКЦИЯ 2

Техническое и методическое обеспечение физического лабораторного практикума

При постановке учебного опыта всегда имеется возможность подбора его параметров, удовлетворяющих неким исходным условиям, в частности характеристикам мышки, которая выступает в качестве датчика перемещения. Можно легко обеспечить условия, при которых скорость движения не превысит, например 0,3 м/с.

Первые оптические мыши и драйверы к ним были максимально простыми. Они линейно превращали полученные перемещения манипулятора по осям X и Y в перемещение курсора на экране. Однако, начиная с операционной системы Windows XP в функцию соотношения перемещений начали вносить нелинейность, которая улучшает точность установки курсора без уменьшения средней скорости его перемещения по экрану.

Рисунок 2, на котором приведены графики пути, пройденного грузами машины Атвуда при различных массах перегрузка, демонстрирует ущерб, наносимый результатам опытов данной нелинейностью. Видно, что при малых скоростях длина зафиксированного пути уменьшается. Поэтому, при проведении опытов, нелинейность следует выключить, а именно снять галочку «повышенная точность установки указателя» в настройках драйвера мыши. После этого длина пути во всех опытах оказывается одинаковой.

Другой дополнительной настройкой драйвера мыши является уменьшение скорости движения курсора по экрану вплоть до минимальной. При этом улучшается фильтрация шума и точность фиксации перемещения нити перед зрачком мыши.

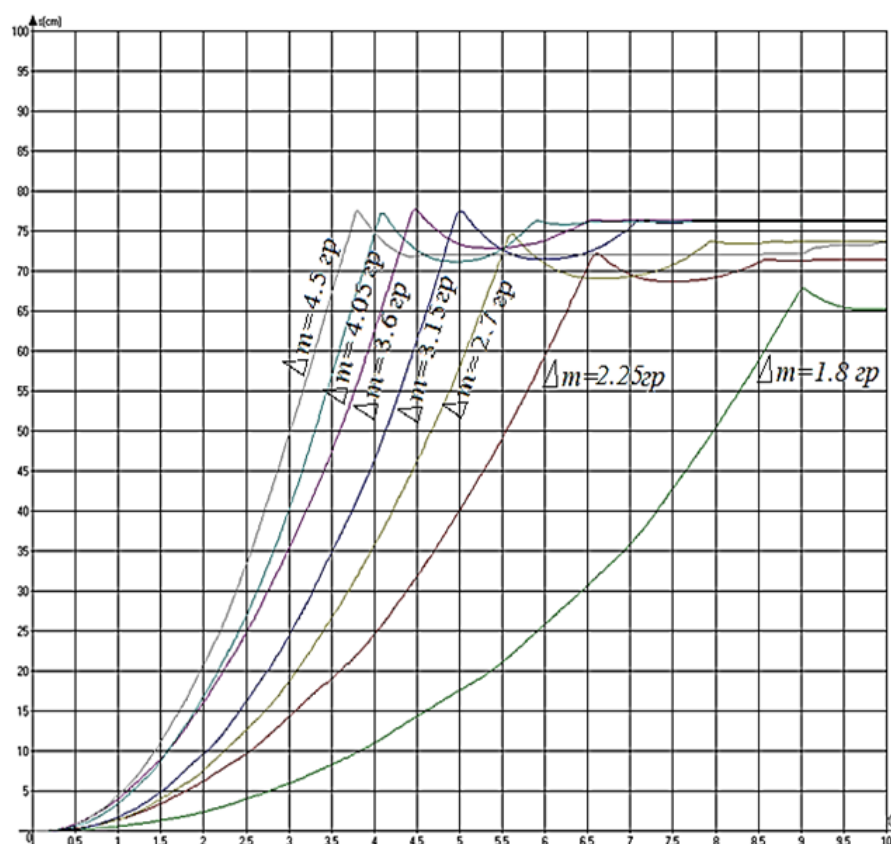


Рисунок 2 – Графики зависимости пути, пройденного грузами машины Атвуда, от времени при различных величинах массы перегрузка Δm

После установки мышки в лабораторную установку единственным дополнением остаётся компьютерная программа. Алгоритм её действия может быть следующим:

- 1) установка курсора в заданную точку экрана;
- 2) временная пауза, в течение которой движение нити изменит положение курсора;
- 3) считывание нового положения курсора, вычисление перемещения по осям X и Y и добавление его в координаты движения;
- 4) возврат к пункту 1.

Эта последовательность действий выполняется периодически, накапливая функцию зависимости координат от времени. Подозрительным местом алгоритма является формирование временной паузы. Операционная система Windows – это многозадачная система, в которой запущенные на расчёт задачи выполняются периодически – последовательно. Поэтому временная пауза у нас формируется передачей управления диспетчеру задач, который выполняет цикл запусков и возвращается к нашей задаче спустя некоторое время. Величина этого временного интервала составляет 15–20 миллисекунд и является стабильной и подходящей величиной. Если задаться общим временем опыта 10 секунд, то количество повторений цикла окажется равным 500–650 раз. Такой будет и количество строк в таблице значений моментов времени и координат движения. Эта таблица даёт исчерпывающие сведения о закономерности движения. Она накапливается в виде файла при проведении опыта и затем используется для вычисления заданных параметров движения с помощью специализированных программ Origin, Grapher, Excel или другие.

Таким образом, хотя компьютерная мышка не является точным измерительным инструментом, она может с успехом использоваться для учебных опытов, обеспечивая их наглядность, информативность и возможность применения современных средств обработки результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ворсин, Н. Н. О современном физическом практикуме / Н. Н. Ворсин // Оптика неоднородных структур : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., 29–30 октября 2015 г. / МогГУ им. А. А. Кулешова. – Могилев, 2015. – С. 125–128.
2. Новые тенденции и перспективы в совершенствовании качества преподавания физики в техническом университете / Т. Л. Кушнер [и др.] // Информационные и инновационные технологии в науке и образовании : сб. материалов V Всероссийской науч.-практ. конф., Таганрог, 28–29 октября 2020 г. / Таганрогский институт им. А. П. Чехова. – Таганрог : ТГИ, 2020. – С. 723–725.

**ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ФИЗИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА***А. А. Григорьев**Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь*

Технологические схемы учебно-образовательного процесса физической направленности в техническом вузе не только дают его образное представление для студентов, но и являются направляющими для принятия своевременных педагогических решений по конкретизации исходных принципов и идей обучения. Они являются необходимым звеном для составления методических схем, направленных на рационализацию и индивидуализацию процесса обучения. В педагогической технологии акцент делается на процессуальные и инструментальные аспекты обучения, на продуктивную деятельность студентов. В результате успешного внедрения значительно усиливается организованность учебного процесса, целенаправленное руководство им, рационально осуществляется деятельность его участников, усиливается обратная связь.

При обучении дисциплинам по курсу «Физика» в техническом вузе необходимо использовать актуальное программное обеспечение, которое может обеспечить точность измерений, вычисление требуемых характеристик и визуализацию изучаемых процессов.

Для технологизации процесса подготовки студентов предлагается использовать AVIDEMUX – программа для редактирования и обработки видеофайлов. Программа поддерживает популярные видеоформаты и использует различные кодеки. Среди основных особенностей AVIDEMUX можно отметить конвертирование, копирование, вырезание, разделение файла на части, вытягивание звуковой дорожки, работу с субтитрами и тому подобное. Программа содержит различные фильтры и инструменты, которые обеспечивают высокое качество изображения при работе с файлами. Также существует возможность автоматизировать работу с файлами с помощью встроенного планировщика задач.

Данная программа использована в физическом лабораторном практикуме для решения следующих задач:

- 1) Изучить динамику и кинематику свободных незатухающих гармонических и свободных затухающих крутильных колебаний.
- 2) Определить период и циклическую частоту свободных затухающих гармонических крутильных колебаний.
- 3) Определить коэффициент затухания, время релаксации, логарифмический декремент затухания колебаний и добротность крутильного маятника.
- 4) Построить графики зависимости амплитуды и угла поворота свободных затухающих колебаний крутильного маятника от числа колебаний.

Лабораторная установка (рисунок 1) представляет собой крутильный маятник и состоит из рамки 1, подвешенной на упругих нитях (стальных проволоках) подвеса 2. Для увеличения силы сопротивления, действующей на маятник при его движении со стороны среды, в рамке установлена вертикальная пластина из

СЕКЦИЯ 2

Техническое и методическое обеспечение физического лабораторного практикума

прозрачного пластика 3. Угол поворота $\varphi(t)$ маятника (рамки) от его положения равновесия определяется по шкале 4.

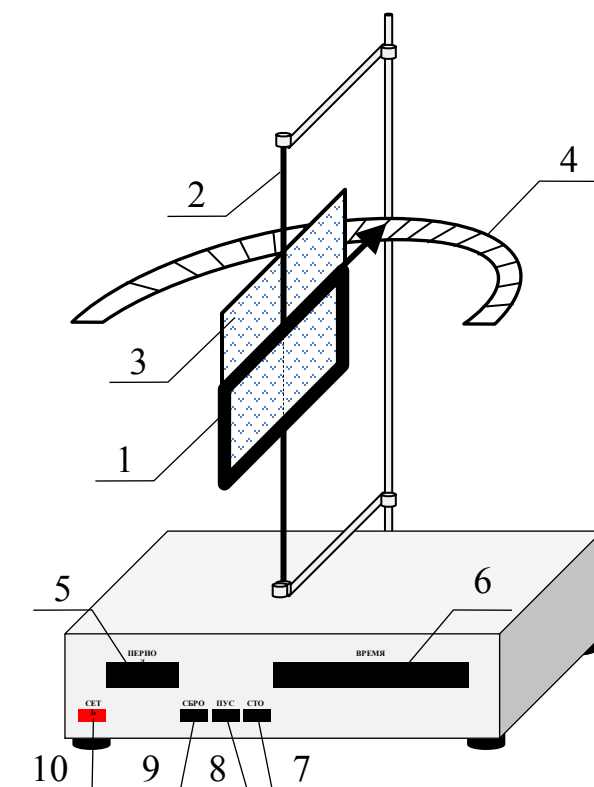


Рисунок 1 – Лабораторная установка для изучения крутильных колебаний

При отклонении маятника от положения равновесия наблюдаются крутильные колебания вокруг оси подвеса. Полное число колебаний N (или периодов) и время t , за которое эти колебания совершаются, регистрируются автоматически и указываются, соответственно, на индикаторах ПЕРИОД 5 и ВРЕМЯ 6. Для представления экспериментальных данных в виде графиков в данной лабораторной работе требуются численные данные зависимости угла поворота $\varphi(t)$ от времени. С помощью камеры телефона делается видеозапись колебаний стрелки по шкале транспортера. Далее видеофайл помещается в программу AVIDEMUX, которая позволяет с точностью до 1 миллисекунды определять положение стрелки на шкале транспортера (рисунок 2). Причем, движение стрелки при воспроизведении файла управляется движком на временной линейке программы, при этом перемещение стрелки многократно замедляется, что является удобным для сбора численных данных эксперимента.

Полученные данные в виде угла поворота и времени вносятся в приложении Microsoft Excel в виде двух столбцов.

Далее, в соответствии с порядком обработки результатов измерений, строится точечная диаграмма $\varphi(t)$ с гладкими кривыми и маркерами. На этих же осях выполняется построение линий тренда для переменных значений амплитуд угла поворота. Из появляющегося меню выбирается форма функции «экспоненциальная» и команда «показать уравнение».

СЕКЦИЯ 2

Техническое и методическое обеспечение физического лабораторного практикума



Рисунок 2 – Вид транспорта и интерфейса для управления измерениями

В итоге, как показано на рисунке 3, получается график крутильных колебаний с амплитудной модуляцией. По полученному численному виду экспоненциальной функции вида определяется коэффициент затухания, время релаксации, логарифмический декремент затухания колебаний и добротность крутильного маятника. По временному интервалу между амплитудами находится численное значение периода колебаний и сравнивается с величиной, которую дает вычислитель на установке.

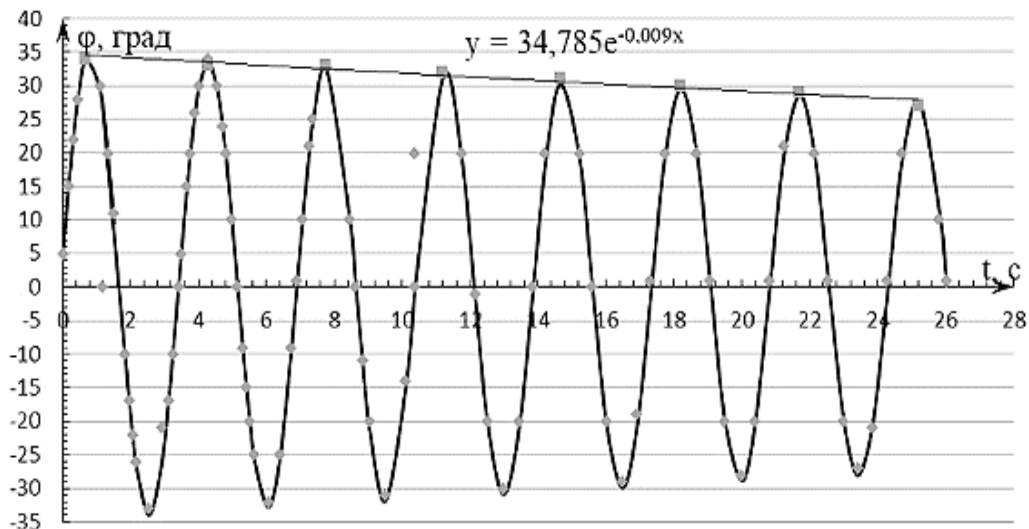


Рисунок 3 – График крутильных колебаний с амплитудной модуляцией

Информационные технологии дают возможность использовать компьютерные системы не только как средство обучения, но и как средство развития интеллекта студентов, усиления.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА UART ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Т. П. Гулевич, С. А. Вабищевич

Учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой», г. Новополоцк, Витебская область, Республика Беларусь

В настоящее время набирает популярность тема автоматизация физического эксперимента. Для данной задачи могут быть использованы различные микроконтроллеры. Однако часто возможностей одного микроконтроллера не хватает для проведения того или иного эксперимента. К примеру, микроконтроллер может не обладать достаточным количеством контактов для подключения нужного количества датчиковой аппаратуры или не может обеспечить требуемую вычислительную мощность.

Цель настоящей работы состояла в создании прототипа измерительного устройства с возможностью передачи данных с датчиков от одной платформы (Arduino Nano) к другой платформе (NodeMcu V3) с помощью их связи посредством интерфейса UART (universal asynchronous receiver/transmitter – универсальный асинхронный приемопередатчик).

Несмотря на то, что данный интерфейс является одним из самым старейших протоколов, он пользуется широкой популярностью и на сегодняшний день, так как имеет множество различных видов. Сегодня каждый компьютер или микроконтроллер включает в себя UART. Не исключением стала и платформа Arduino, где каждая плата имеет хотя бы один аппаратный порт UART, а также имеется возможно программно настроить и другие порты, работающие по протоколам UART.

По своей структуре UART является асинхронным последовательным протоколом. Это означает, что передающая сторона поочередно отправляет в линию 0 или 1, а принимающая сторона отслеживает и запоминает это. Очень важно заранее настроить и приёмник, и передатчик на одинаковую частоту, иначе данные могут исказиться или не передаваться вовсе [1].

Принцип работы данного интерфейса заключается в том, что, пока не идет передача данных, микроконтроллер удерживает линию в состоянии логической единицы, после того как напряжение падает (то есть линия переходит в состояние логического нуля), вторая сторона начинает ожидать данные – это так называемый стартовый бит. После этого линия принимающего устройства начинает отсчитывать время, согласно изначально установленной скорости. По завершении передачи данных принимающее устройство ожидает стоп-бит, который должен быть на уровне логической единицы. Если по завершении отправки удерживается логический ноль, значит данные неверны. Если логический ноль удерживается время, превышающее интервал времени отправки в 1,5 раза, такое состояние именуется break. Некоторые передатчики вызывают

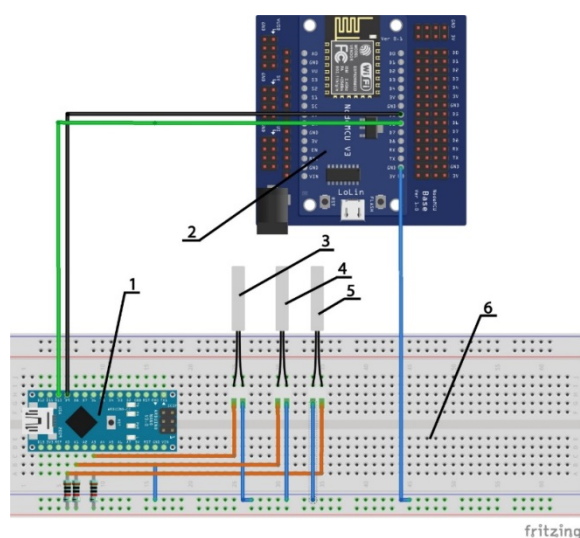
СЕКЦИЯ 2

Техническое и методическое обеспечение физического лабораторного практикума

это состояния специально перед посылкой пакета данных. Некоторые приёмники считают такое состояние за неправильно выставленную скорость и сбрасывают свои настройки на установки "по умолчанию".

Протокол UART может одновременно как передавать, так и получать данные, однако не всегда это нужно. В зависимости от этого различаются три способа связи: полнодуплексная, полудуплексная и симплексная. Полнодуплексная связь позволяет обоим устройствам одновременно передавать и принимать данные. Полудуплексная связь позволяет обоим устройствам передавать и принимать данные, но делает это не одновременно. Симплексная связь позволяет одному только передавать, второму только принимать [2].

Прототип измерительного устройства разработан на основе двух платформ NodeMcu V3 и Arduino Nano (см. рисунок). Измерительным компонентом данного прототипа являются три NTC термистора на 10 кОм.



Элементы на схеме: 1 – платформа Arduino Nano; 2 – платформа NodeMcu V3;
3, 4, 5 – NTC термисторы на 10 кОм; 6 – беспаяечная макетная плата
Рисунок – Схема прототипа измерительного устройства, выполненная
в программе *Fritzing*

Одной из ключевых особенностей данных термисторов является их высокая точность и малое время релаксации, однако данные термисторы подключаются к аналоговым портам ввода/вывода [3]. Платформа NodeMcu V3 имеет только один аналоговый ввод/вывод, в то время как Arduino Nano имеет семь таких вводов/выводов, но при этом у платформы NodeMcu есть Wi-Fi модуль, с помощью которого можно улучшить техническое обеспечение лабораторного практикума, реализовав беспроводной физический эксперимент, на основе технологий IoT устройств [4]. Поэтому при подключении большого количества аналоговых датчиков можно использовать платформу Arduino Nano, которая будет связана с платформой NodeMcu v3 посредством интерфейса UART. В настоящем примере используются цифровые порты ввода/вывода, которые программно настроены в качестве портов UART. Так как в настоящем прототипе одна платформа только отправляет данные, а вторая только принимает, то

можно использовать симплексную связь. На программном уровне платформа Arduino Nano собирает структуру, содержащую три значения с датчиков. И передает её на платформу NodeMcu V3. Arduino Nano считывает показания с NTC термисторов и передает данные на NodeMcu V3.

Созданный прототип измерительного устройства включает в себя преимущества двух разных микроконтроллеров. Arduino Nano позволяет подключать большее количество аналоговых датчиков, чем NodeMcu v3, а NodeMcu v3, в свою очередь, позволяет отправлять данные по Wi-Fi. Прототип может быть использован в качестве основы для создания различных измерительных устройств, в том числе и беспроводных, что существенно расширит возможности проведения различных физических экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AVR-RISC Микроконтроллеры. Архитектура, аппаратные ресурсы, система команд, программирование, применение / пер. с нем. В. П. Репало, В. И. Кириченко, Ю. А. Шпак. – М. : МК Пресс, 2006. – 123 с.
2. UART – универсальный асинхронный приёмопередатчик [Электронный ресурс] / Larduino. – Режим доступа: <https://wiki.iarduino.ru/page/serial-protocols-uart/>. – Дата доступа: 07.09.2023.
3. Гулевич, Т. П. Использование датчиков температуры в физическом эксперименте / Т. П. Гулевич, С. А. Вабищевич // Физика конденсированного состояния : материалы XXXI Междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 13–14 апреля 2023 г. / Гродненский государственный университет имени Янки Купалы ; гл. ред. Г. А. Гачко ; редкол.: О. А. Жарнова [и др.]. – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы, 2023. – С. 273–275.
4. Гулевич, Т. П. Использование беспроводной сети Wi-Fi в автоматизации физического эксперимента / Т. П. Гулевич, С. А. Вабищевич // Актуальные вопросы физики и техники : материалы XII Респ. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Гомель, 20 апреля 2023 г. – Гомель : ГГУ им. Франциска Скорины, 2023. – С. 344–347.

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА «ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И МАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ»

Н. В. Козловский, А. И. Слободянюк

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

В докладе подробно описывается экспериментальная установка для лабораторного практикума по курсу «Электричество и магнетизм», разработанная на кафедре общей физики физического факультета БГУ и произведенная компанией «АктивБиоТех». Установка предназначена для изучения магнитных полей, создаваемых постоянными токами и постоянными магнитами, а также сил взаимодействия между магнитами различной формы.

Установка смонтирована в едином корпусе и позволяет выполнять следующие экспериментальные задания.

1. Измерение зависимости индукции магнитного поля на оси дисковых и кольцевых магнитов.

Для измерения индукции магнитного поля используется датчик Холла. Положение датчика позиционируется с помощью электронного штангенциркуля с точностью 1 мм. Использование гипотезы Ампера позволяет произвести точный расчет данной зависимости как для дискового, так и для кольцевого магнитов.

2. Измерение зависимости индукции магнитного поля двух катушек с постоянным током.

Катушки являются тонкими, так что их можно считать круговыми витками. Две катушки смонтированы в одном держателе в одной плоскости коаксиально. Диаметр внешней катушки совпадает с диаметром используемого дискового магнита и внешним диаметром кольцевого магнита. Силы тока в катушках можно задавать независимо. Такая компоновка позволяет экспериментально подтвердить гипотезу Ампера: подбирая необходимые значения сил токов в катушках, можно добиться полного совпадения распределения магнитных полей токов и постоянных магнитов.

3. Измерения силы взаимодействия магнитов различной формы.

Для измерения силы взаимодействия используются электронные весы. Положение один из магнитов (дисковый или кольцевой) располагаются непосредственно на электронных весах. Второй, небольшой цилиндрический магнит перемещается с помощью электронного штангенциркуля. По известной (измеренной) зависимости индукции магнитного поля от расстояния можно провести теоретический расчет силы взаимодействия и сравнить результаты расчетов с экспериментальными данными.

4. Измерение силы взаимодействия постоянного магнита и ферромагнитного стержня.

Измерения проводятся аналогично измерениям в части 3. Однако теоретическая зависимость силы от расстояния в этом случае иная. Этот расчет также может быть проведен по известному распределению магнитного поля. Интересно отметить неожиданный факт: в некоторой области немагнитный стержень может отталкиваться от кольцевого магнита. Этот эффект может быть теоретически описан и измерен экспериментально.

5. Измерение индукции магнитного поля внутри сплошного стержня.

Установка позволяет измерять индукцию магнитного поля на поверхности стержня. Стержень располагается по оси дискового магнита, при этом измеряется нормальная к боковой поверхности составляющая вектора индукции магнитного поля. По этой зависимости с помощью теоремы о магнитном потоке можно рассчитать осевую составляющую магнитного поля внутри стержня.

Таким образом, данная установка позволит использовать методический принцип вариативности заданий при проведении лабораторных работ. В ходе выполнения данной работы студенты теоретически и экспериментально изучают следующие вопросы курса:

- понятие вектора индукции магнитного поля;
- закон Био – Савара – Лапласа;
- теорема о магнитном потоке;
- намагничение магнетиков;
- гипотеза Ампера о токах намагничения;
- расчет сил магнитного взаимодействия.

Кроме того, в ходе выполнения работы студентам необходимо обработку достаточно сложных нелинейных зависимостей, в том числе с использованием операций численного дифференцирования и интегрирования.

Все это делает данную установку весьма перспективной для использования в учебном процессе.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

М. А. Романова

*Государственное учреждение образования «Средняя школа № 177»
г. Минск, Республика Беларусь*

Целью лабораторных занятий в первую очередь является обучение, воспитание и развитие личностных компетенций, которые позволят обучающимся вести самостоятельный поиск информации, методов и способов выполнения поставленных задач, оценивать их качество, применять полученные знания в практической деятельности. При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей дидактической целью у обучающихся формируются практические умения и навыки работы с лабораторным оборудованием и исследовательские умения.

Проведение лабораторных занятий должно проходить под контролем учителя и с соблюдением всех правил техники безопасности. Перед выполнением работы учитель проводит подробный инструктаж по технике безопасности, каждый ученик расписывается в специальном журнале учета. Учитель несет ответственность за соблюдение правил учениками. При подготовке к занятию учитель должен организовать идеальное проведение лабораторной работы и предпринять все меры для развития у обучающихся практических умений и навыков в работе с лабораторным оборудованием. Для проведения лабораторного занятия ученикам предоставляется весь необходимый материал на предыдущем уроке. Материалы должны быть представлены в письменном виде и содержать в себе: название работы, цель, приборы и материалы, наглядные пособия, задание к работе и порядок выполнения, контрольные вопросы, правила обращения с лабораторным оборудованием и мерами технической и пожарной безопасности. Перед началом выполнения лабораторной работы ученики должны получить допуск к работе после проверки усвоения последовательности проведения работы и контрольных вопросов, указанных в задании и техники безопасности.

Выполнение лабораторной работы должно быть индивидуальным. За рабочим столом располагается 2 ученика, причем каждый из них выполняет работу и представляет отчет самостоятельно. За каждую выполненную работу обучающийся, после предоставления отчета и проверки знаний, получает отметку.

При проведении лабораторной работы у школьников развивается навык объяснения сути наблюдаемых процессов и явлений, обработки полученных результатов в ходе исследования и их анализ, формулировки выводов, необходимых для дальнейшей работы и обучения. Развивается творческий подход к исследовательской работе, учатся правильно выбирать методику проведения эксперимента и необходимые для работы приборы.

Учитель подбирает метод выполнения лабораторных работ, основываясь на наиболее оптимальный для него вариант. На выбор метода выполнения работы влияют следующие факторы: соответствие выбранного метода цели урока, уровень подготовки обучающихся к усвоению изучаемого материала на данном этапе, содержание проводимого эксперимента. При выборе метода выполнения работы педагог руководствуется программными требованиями, т. е. должно обеспечиваться выполнение требований к подготовке обучающихся, основанное на развитии каждого обучающегося. Репродуктивный метод – это такой метод, при котором у обучающихся должны сформироваться навыки выполнения лабораторной работы. Такой метод не предусматривает самостоятельности у обучающихся при выполнении работы, так как уже известные факты воспроизводятся при непосредственной помощи педагога. Работа при использовании данного метода начинается повторения пройденного материала и возможных способов измерения используемых физических величин. Далее обсуждается ход выполнения работы, и обучающиеся приступают к сборке установки. Следующим этапом проводятся необходимые измерения и обработка их результатов, делаются соответствующие выводы. Данный метод направлен на воспроизведение имеющихся опытов по определенному алгоритму, что исключает самостоятельность обучающихся, но при этом закрепляет умения и навыки работы с лабораторным оборудованием. Частично-поисковый метод предполагает руководство учителем практическими действиями обучающихся, давая им последовательные указания, а затем при помощи задаваемых вопросов задать им направление на анализ полученных результатов в ходе исследования, что в дальнейшем поможет им с формулировкой выводов законов ранее для них не известных. Данный метод способствует самостоятельному получению знаний обучающимися в ходе выполнения лабораторной работы. Использовать данный метод целесообразно, когда обучающимися уже усвоены все необходимые действия выполнения работы и он способен произвести эти действия самостоятельно. Частично-поисковый метод применим в работах, направленных на наблюдение физических явлений и установку зависимости между физическими величинами. Исследовательский метод – это метод, подразумевающий под собой полную самостоятельность обучающихся. Для использования данного метода педагогу необходимо грамотно составить задание. Обучающиеся самосто-

ательно определяют ход выполнения задания, затем выполняют этапы исследования. Исследовательский метод выполнения лабораторной работы применим к наиболее успевающим обучающимся, которые участвуют в проектно-исследовательской деятельности. Метод отличается от предыдущих тем, что перед выполнением лабораторной работы обучающимся предлагается самостоятельно продумать способы непрямого проведения измерений какой-либо величины и определить необходимое для проведения исследования оборудование. Все предложения обсуждаются группой обучающихся и определяется наиболее оптимальный вариант выполнения работы. Вся работа выполняется обучающимися самостоятельно, педагог лишь контролирует выполняемые действия обучающихся.

Использование лабораторного оборудования L-микро на разных стадиях работы расширяет возможности проведения лабораторного эксперимента. Компьютерные программы позволяют проводить моделирование сложных физических и технологических установок, физических процессов, а также рассматривать их в динамике. Внедрение данного оборудования в учебный процесс позволило проводить измерения и получать графические данные по ним, вести видеозапись проводимых исследований и заполнять электронные отчеты, которые содержатся в программном обеспечении к данным лабораториям. Полученные при проведении измерений графики возможно анализировать, делать различные выводы по протеканию физических процессов. Электронно-вычислительная техника позволяет уменьшить затраты времени при обработке полученных результатов на проведение различных однообразных вычислений, при этом увеличить долю творческой деятельности обучающихся. Использование компьютерных установок не дает необходимые сведения о физическом явлении, она может только смоделировать физический процесс, об этом не стоит забывать при организации учебного процесса. В данном случае мы не можем организовать у обучающихся формирование практических и экспериментаторских умений и навыков. Процесс обучения необходимо построить таким образом, чтобы компьютерные установки дополняли процесс выполнения лабораторной работы, а не заменяли его полностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулов, Р. М. Использование современных технических средств в исследовательской и проектной деятельности в процессе обучения / Р. М. Абдулов, Е. В. Абдулова // Педагогическое образование в России. – 2014. – № 1. – С. 135–140.

2. Бондар, В. А. Логіка-метадалагічна паслядоўнасць дзеянняў пры рашэнні фізічных задач / В. А. Бондар, І. А. Вабішчэвіч // Весці БДПУ. Сер. 3, Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. – 2012. – № 2 (72). – С. 33–37.

3. Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7–11 классах общеобразовательных учреждений: книга для учителя / В. А. Буров [и др.] ; под ред. В. А. Букова, Г. Г. Никифорова. – М. : Просвещение, 1996. – 368 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ФИЗИКЕ

А. И. Слободянюк

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Основной тенденцией развития лабораторного практикума по общей физике является более широкое использование современных электронных измерительных приборов и автоматизация эксперимента. Такие лабораторные установки позволяют получать, во-первых, более точные результаты, во-вторых – в большем объеме. Однако методы обработки полученных результатов остаются, как правило, предельно простыми. В данной работе рассматривается общий метод анализа экспериментально полученных функциональных зависимостей. Основные идеи рассматриваемого подхода изложены книге [1].

Будем использовать следующую модель измерений. При точно заданном значении аргумента x_k результат измерения величины y_k может быть представлен в виде

$$y_k = f(x_k | a_0, a_1, \dots, a_M) + \varepsilon_k, \quad (1)$$

где $f(x_k | a_0, a_1, \dots, a_M)$ – некоторая известная функция от x , содержащая набор неизвестных параметров a_0, a_1, \dots, a_M , подлежащих определению; ε_k – случайные ошибки измерения. Будем считать, что ошибки измерений являются независимыми случайными величинами, подчиняющимися нормальному распределению с нулевым математическим ожиданием и одинаковыми дисперсиями σ_0^2 . Задачей анализа является определение величин параметров функции и оценка их погрешностей.

Хорошо известно, что в рамках данной модели лучшими оценками являются оценки, полученные по методу наименьших квадратов (МНК), так они являются несмещенными и эффективными. Отметим, что оценки, полученные этим методом, являются оптимальными и в том случае, когда ошибки измерений не подчиняются нормальному распределению.

Суть МНК сводится к нахождению таких параметров, при котором сумма квадратов отклонений принимает минимальное значение:

$$R = \sum_{k=1}^N (y_k - f(x_k | \hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_M))^2 = \min. \quad (2)$$

Для вычисления оценок параметров $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_M$ в общем случае необходимо решать систему нелинейных уравнений. Кроме того, возникают серьезные математические проблемы с получением формул для оценок погрешностей этих параметров.

Ситуация существенно упрощается если функция $f(x_k | a_0, a_1, \dots, a_M)$ линейно зависит от искомых параметров, т. е. представляет собой разложение по неко-

тому набору базисных функций $q_m(x)$:

$$f(x|a_0, a_1, \dots, a_M) = \sum_{m=0}^M a_m q_m(x). \quad (3)$$

В этом случае система уравнений для определения коэффициентов разложения оказывается линейной. Широко используемым случаем является разложения по степенным функциям $q_m(x) = x^m$ (разложение Тейлора). Несмотря на существенное упрощение, здесь остаются существенные проблемы. Выражения для коэффициентов разложения для нелинейных функция являются достаточно громоздкими, что затрудняет оценку погрешностей. Но более важной является проблема определения разумного и обоснованного выбора числа членов разложения (3). Кроме того, при увеличении числа слагаемых необходимо каждый раз заново пересчитывать уже найденные значения коэффициентов.

Эти проблемы легко разрешаются специальным выбором базисных функций $q_m(x)$. В качестве такого набора следует использовать функции, ортогональные на дискретном множестве точек $(x_k, k = 0, 1, 2 \dots N)$, т. е. удовлетворяющие условиям

$$\sum_{k=0}^N q_m(x_k) q_l(x_k) = \delta_{m,l}, \quad (4)$$

где $\delta_{m,l}$ – символ Кронекера.

Такой выбор базисных функций имеет целый ряд несомненных преимуществ.

1. Формулы для оценок коэффициентов разложения имеют простой вид

$$\hat{a}_m = \sum_{k=0}^N y_k q_m(x_k). \quad (5)$$

2. Любой коэффициент может быть рассчитан независимо от остальных, поэтому увеличение числа слагаемых в разложении не приводит к необходимости пересчета найденных коэффициентов.

3. Все оценки коэффициентов являются нормальными случайными величинами с нулевым математическим ожиданием и одинаковой дисперсией, совпадающей с дисперсией ошибки отдельного измерения σ_0^2 . Поэтому погрешности всех коэффициентов одинаковы. Если величина σ_0^2 неизвестна, то она может быть оценена по формуле

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\sum_{k=0}^N (y_k - f(x_k))^2}{N - M - 1} = \frac{NS_y^2 - \sum_{m=0}^M \hat{a}_m^2}{N - M - 1}, \quad (6)$$

где S_y^2 – выборочная дисперсия результатов измерений всех значений y_k .

Тогда формула для оценки погрешности коэффициентов имеет вид

$$\Delta a_m = t_{v,p} \sqrt{\hat{\sigma}_0^2}. \quad (7)$$

4. Сумма квадратов остатков после вычитания M членов разложения вычисляется элементарно

$$R_M = \sum_{k=0}^N \left(y_k - \sum_{m=0}^M \hat{a}_m q_m(x_k) \right)^2 = NS_y^2 - \sum_{m=0}^M \hat{a}_m^2 = R_{M-1} - \hat{a}_M^2, \quad (8)$$

может служить критерием, позволяющим определить, сколько слагаемых в разложении следует оставить.

В докладе рассматриваются конкретные примеры применения изложенной модификации метода наименьших квадратов для традиционных лабораторных работ курса общей физики.

1. Изучение цепей переменного тока.

Анализируется степень гармоничности полученных зависимостей силы тока и напряжения. Рассчитывается величина сдвига фаз между этими величинами.

2. Изучение поляризации света.

Анализируется справедливость закона Малюса. Рассчитываются параметры зависимости интенсивности света от угла поворота анализатора

$$I = I_0 + I_1 \cos^2(\alpha - \alpha_0). \quad (9)$$

Рассчитываются параметры зависимости интенсивности света от угла поворота кристаллической пластинки

$$I = I_0 + I_1 \sin^2 2(\alpha - \alpha_0). \quad (10)$$

3. Изучение равномерного и равноускоренного движений.

Анализируются условия применимости указанных моделей движения, рассчитываются их кинематические характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Худсон, Д. Статистика для физиков / Д. Худсон. – Москва : Мир, 1970. – 296 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В ЛАБОРАТОРНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ

Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

Целью данной работы является адаптация и использование компьютерного моделирования кристаллического строения твердых тел для обучения студентов инженерно-строительного профиля на занятиях лабораторного физического практикума.

Использование и разработка приложений компьютерного моделирования физических процессов является актуальной задачей процесса обучения студентов инженерно-технического профиля [1–4]. Данную задачу можно решить в рамках лабораторного физического практикума, как, например, реализовано в [5–7]. Использование приложений направлено на то, чтобы будущий специалист приобретал навыки исследовательской работы и компетентно решал про-

фессиональные задачи, связанные с определением качества сырья, свойств и состава цемента, песка, полимеров, резины, горных пород, древесины [8], состава в сложной пробе, характера изменения свойств материалов в зависимости от их структурных параметров, химического состава, условий получения [9] и пр. В совокупности с курсом практических занятий [10, 11] такая подготовка специалиста будет наиболее комплексной и эффективной.

Для анализа особенностей кристаллической структуры, химического состава твердых тел могут быть использованы методы рентгеноструктурного и рентгенофазового анализов [1, 2, 6, 9, 12]. Для специальностей строительного профиля предлагается компьютерная лабораторная работа по изучению взаимосвязи физических свойств песка с особенностями кристаллического строения элементарной ячейки на основе моделирующей программы профессионального уровня для научных исследований.

Песок представляет собой двуокись кремния SiO_2 и существует в десяти кристаллографических модификациях, каждая из которых обладает своими физико-химическими свойствами. Для изучения в лабораторном физическом практикуме были использованы данные по кристаллическим структурам песка, имеющего кубическую (β -кристобалит) (таблица 1) и тетрагональную (стишовит) (таблица 2) сингонии, для которых характерны примитивная, объемноцентрированная и гранецентрированная элементарные ячейки.

Таблица 1 – Характеристики примитивной кубической элементарной кристаллической ячейки β -кристобалита

№ п/п	Атом	Валентность A	Заселенность m	Тепловой фактор B_t	Координаты		
					x	y	z
1	Si	+4	1	0	0	0	0
2	O	-2	1	0	0	0	0,5

Таблица 2 – Характеристики примитивной элементарной кристаллической ячейки стишовита

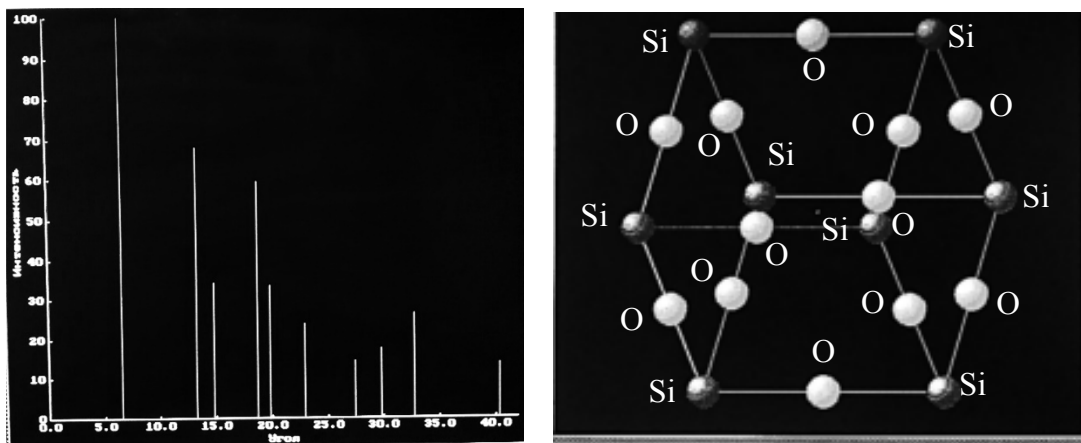
№ п/п	Атом	Валентность A	Заселенность m	Тепловой фактор B_t	Координаты		
					x	y	z
1	Si	+4	0,9998	0	0	0	0
2	O	-2	0,9999	0	0,3062	0,3062	0
3	Si	+4	0,0002	0	0,0023	0,0023	0,0042
4	O	-2	0,0001	0	0,0036	0,0036	0,0065

Для SiO_2 (β -кристобалит) кубической сингонии параметры примитивной кристаллической элементарной ячейки (рисунок 1) составляют: $a = 13,402 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Для модификации SiO_2 стишовита атомы кремния находятся в октаэдрической координации (рисунок 2) тетрагональной сингонии, для которых параметры элементарной ячейки и углы имеют соответственно значения: $a = b = 4,1772 \text{ \AA}$, $c = 2,6651 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.

СЕКЦИЯ 2

Техническое и методическое обеспечение физического лабораторного практикума

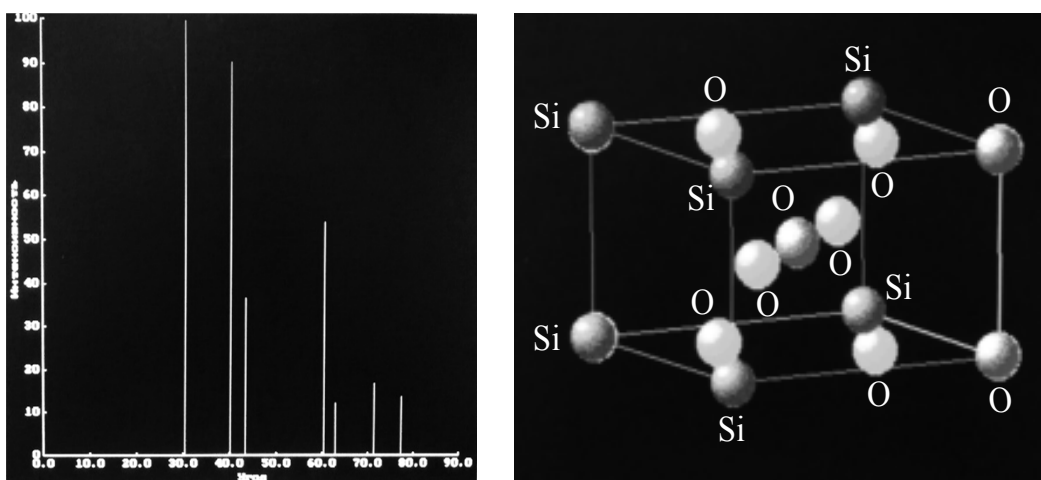
Разработанная программа позволяет производить вычисления межплоскостных расстояний и относительные интенсивности дифракционных пиков в зависимости от значения углов дифракции. По полученным данным студент самостоятельно может построить штрих-диаграммы (рисунок 1а и рисунок 2а) и изобразить элементарные ячейки с расположенными в ней атомами кремния Si и кислорода O согласно заданным координатам (рисунок 1б и рисунок 2б).



а

б

а – штрих-диаграмма; б – элементарная ячейка с расположением атомов Si и O
Рисунок 1 – Модификация β-кристобалит кубической сингонии



а

б

а – штрих-диаграмма; б – элементарная ячейка с расположением атомов кремния Si и кислорода O

Рисунок 2 – Модификация стишовита с примитивной кристаллической ячейкой тетрагональной сингонии

Атомы кремния Si и кислорода O с помощью программы показываются в элементарной ячейке разными цветами и в соответствии с их координатами (таблица 1 и таблица 2). Более того, программа позволяет включать поочередно изображения атомов различных химических элементов, чтобы более точно увидеть их расположение в элементарной ячейке.

Таким образом, студенты при обучении на физическом лабораторном практикуме могут наглядно увидеть различные кристаллические структуры песка и сделать выводы о взаимосвязи физико-химических свойств различных модификаций песка с особенностями его микроструктуры.

Данная работа выполнена в рамках научно-исследовательской темы кафедры «Физика» Белорусского национального технического университета 21-246 «Информационные и образовательные технологии в инновационном обучении студентов физике в техническом вузе» и изложенный материал можно рассматривать как один из этапов решения задач по внедрению инноваций в учебный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савчук, Г. К. Обучение студентов инженерно-строительного профиля основам рентгеновской дифрактометрии с использованием компьютерной структурной кристаллографии / Г. К. Савчук, Н. П. Юркевич // Физическое образование в вузах. – 2005. – Т. 11, № 2. – С. 56–65.

2. Sauchuk, G. K. The teaching of students of the construction engineering specializations using the modern computational structural crystallography / G. K. Sauchuk, N. P. Yurkevich // Scientific Light. – 2018. – Vol. 1, № 19. – P. 15–20.

3. Ахмедов, А. П. Совмещение реальных и виртуальных лабораторных работ в образовательном процессе студентов / А. П. Ахмедов, С. Б. Худойберганов, Н. П. Юркевич // Актуальные проблемы современного естествознания : материалы XI Респ. научн.-методолог. семин., Минск, 3 декабря 2020 г. – Минск, 2020. – С. 91–95.

4. Юркевич, Н. П. Исследование распределения магнитного поля в многослойном соленоиде конечной длины / Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук, П. Г. Кужир // Физическое образование в вузах. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 49–60.

5. Юркевич, Н. П. Компьютерное приложение для изучения микродеформаций и микронапряжений в твердых телах по дифракционным пикам / Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук // Вода. Газ. Тепло. 2020 : матер. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 100-лет. БНТУ 100-лет. каф. «Гидротехническое и энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика», 90-лет. каф. «Теплогазоснабжение и вентиляция», Минск, 8–10 октября 2020 г. – Минск, 2020. – С. 329–332.

6. Yurkevich, N. P. Determination of micro deformations and coherent scattering regions in ceramic materials / N. P. Yurkevich, G. K. Sauchuk // Sciences of Europe. – 2022. – Vol. 1, № 86. – P. 59–66.

7. Использование компьютерных технологий для контроля знаний студентов при выполнении физического практикума в рамках работы совместного факультета ТИПСЭАД-БНТУ / Н. П. Юркевич [и др.] // ВОДА. ГАЗ. ТЕПЛО 2020 : материалы Междун. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию Белор. нац. техн. ун-та, 100-лет. каф. «Гидротехнич. и энергетич. строит., водный транспорт и гидравлика», 90-лет. каф. «Теплогазоснабжение и вентиляция», Минск, 8–10 октября 2020 г. – Минск, 2020. – С. 324–328.

СЕКЦИЯ 2

Техническое и методическое обеспечение физического лабораторного практикума

8. Юркевич, Н. П. Исследование упругих свойств древесины при выполнении лабораторного физического практикума в курсе общей физики / Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук // Физическое образование в вузах. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 96–101.

9. Акимов, А. И. Керамические материалы (диэлектрические, пьезоэлектрические, сверхпроводящие): условия получения, структура, свойства / А. И. Акимов, Г. К. Савчук. – Минск : Изд. центр БГУ, 2012. – 256 с.

10. Кужир, П. Г. Общая физика: Оптика. Квантовая физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц : сборник задач / П. Г. Кужир, Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук. – Минск : БНТУ, 2018. – 197 с.

11. Кужир, П. Г. Общая физика: электричество, магнетизм. Сборник задач : учеб. пособие / П. Г. Кужир, Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук. – Минск : Изд-во Гревцова, 2013. – 272 с.

12. Основы рентгеноструктурного анализа в материаловедении / А. А. Клопотов [и др.]. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. – 276 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДНЫХ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЯ AlGaN

*Н. Н. Ворсин, А. А. Гладышук, Т. Л. Кушнер, С. В. Чугунов, Н. П. Тарасюк
Учреждение образование «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

Гетеропереходные полевые транзисторы (далее ГПТ) на основе нитрида галлия с высокой подвижностью электронов обладают хорошими характеристиками, которые обеспечиваются свойствами материала. Величина ширины запрещенной зоны 3,4 эВ позволяет устройствам на основе GaN работать при высоких температурах. GaN имеет высокое значение поля пробоя 3,3 МВ/см, что является основой высоковольтных приборов на основе GaN [1].

Гетеропереход на границе AlGaN/GaN создает двумерный электронный газ (далее ДЭГ) высокой плотности порядка 10^{13} см⁻². Подвижность электронов, образующих ДЭГ, весьма высока. Благодаря этим качествам ГПТ на основе AlGaN/GaN обладают низким сопротивлением канала, высокой плотностью тока в нем и высоким быстродействием.

Сложные свойства системы материалов нитрида галлия должны быть хорошо поняты, чтобы в полной мере использовать преимущества этого полупроводника в устройствах. Однако оптимизация устройства в экспериментальной или производственной среде чрезвычайно дорога. Компьютерное моделирование на основе физики полупроводников помогает в этом, показывая количественную взаимосвязь между основными свойствами материала и поведением устройства.

На кафедре физики Брестского государственного технического университета в рамках задания ГПНИ «Разработка и исследование технологий роста нитридных гетероструктур технологий изготовления компонентов и устройств опто-, СВЧ- и силовой электроники на основе полупроводниковых материалов и структур» выполняется научно-исследовательская работа «Моделирование физических процессов в р-і-п и Шоттки диодах и транзисторах на основе гетероструктур AlGaN» [2].

В ходе выполняемой НИР проведено моделирование квантовых явлений в тонких полупроводниковых слоях, осуществлена коррекция модели нитридного гетеропереходного полевого транзистора на основе AlGaN с учетом влияния квантово-механических эффектов при вычислении концентрации электронов в двумерном электронном газе.

Вследствие того, что электропроводящим каналом гетеропереходного полевого транзистора является очень тонкий слой, содержащий свободные электроны, известный как двумерный электронный газ, малая толщина слоя делает необходимым учет в нем квантовых эффектов (размерное квантование).

Разработанная модель с учетом квантовых эффектов в ДЭГ позволяет уточнить основные параметры транзистора.

В рамках диффузионно-дрейфового представления о физических процессах в полупроводниках создана компьютерная модель гетеропереходного полевого транзистора на основе AlGaN, позволяющая получить его вольтамперные характеристики при заданных размерах и параметрах полупроводника (рисунок 1).

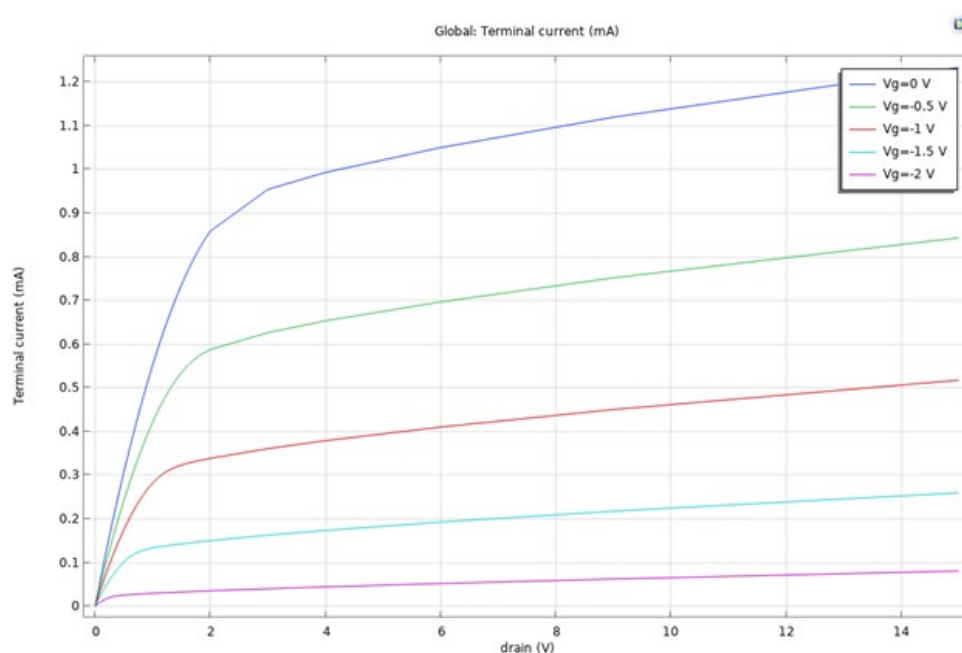


Рисунок 1 – Вольтамперные характеристики, построенные моделирующей программой, для одного из гетеропереходных полевых транзисторов [3]

Обычно при поиске самосогласованного решения используется приближение треугольной потенциальной ямы. Это упрощает решение. В нашем случае моделирование осуществлялось программой, которой безразличен закон изменения потенциала. В отличие от известных ранее моделей использована экспоненциальная модель квантовой ямы (рисунок 2).

Подстановка данного потенциала в уравнение Шредингера позволяет получить волновые функции осреднённого электрона ДЭГ. Квантово-механическое описание многочастичных ансамблей, как правило, основывается на приближении Хартри-Фока, в котором многочастичная волновая функция заменяется на волновую функцию одной некоторой осреднённой частицы, которая движется в поле остальных частиц. Ключевым элементом приближения при рассмотрении ансамбля электронов является электронная плотность, через которую выражается потенциал поля межчастичного взаимодействия. При этом возникает задача поиска так называемого самосогласованного поля электронной плотности и накладываемых на него квантовых ограничений. Данная задача решается итерационным методом, с негарантированной сходимостью, системы уравнений Пуассона – для электронной плотности и Шредингера – для осреднённого электрона.

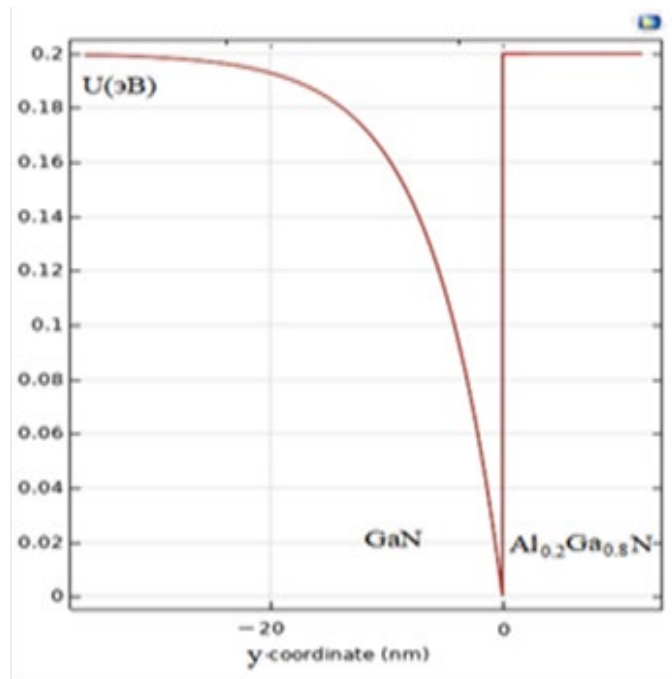


Рисунок 2 – Форма модели потенциальной ямы в области гетероперехода

Размерное квантование приводит к разбиению непрерывной энергетической шкалы электронов ДЭГ на отдельные подзоны (рисунок 3). Построенная модель учитывает эффекты поляризации, присущие нитриду галлия, позволяет задавать долю алюминия в барьерном слое, степень легирования областей, включает в себя процессы генерации и рекомбинации свободных носителей заряда.

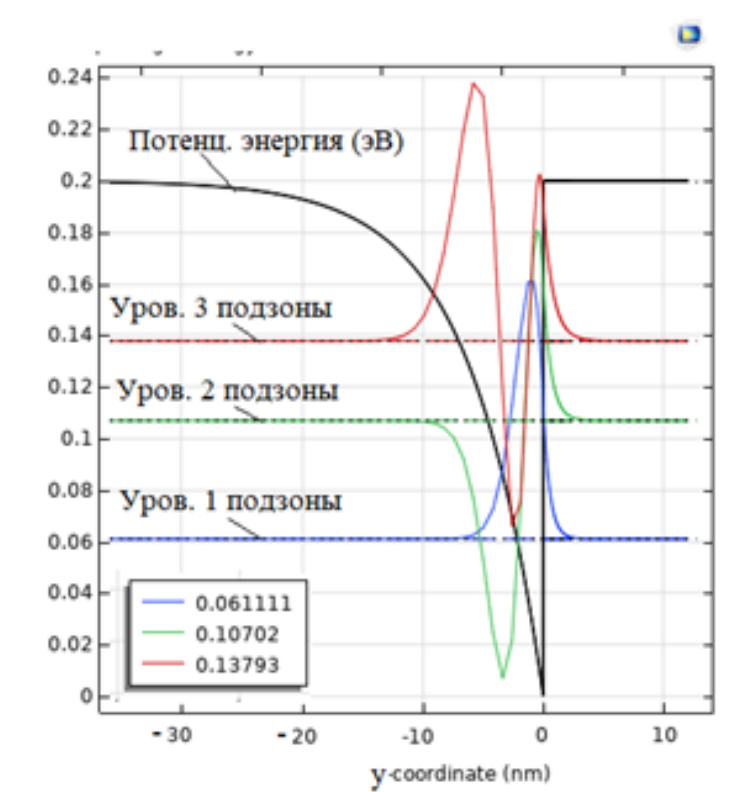


Рисунок 3 – Графики волновых функций трех нижних подзон, привязанные к соответствующим энергетическим уровням

Из данных графиков видно, что заметная часть огибающих волновых функций оказывается в области барьерного слоя (AlGaN). Так как подвижность электронов в барьерном слое в десятки раз хуже, в сравнении с канальным слоем (GaN), соответствующая доля электронов практически не будет участвовать в проводимости ДЭГ.

Результаты показывают неплохое соответствие построенной модели параметрам нитридных транзисторов, приведенным в литературных источниках, и могут быть использованы для проектирования нитридного гетеропереходного полевого транзистора на основе AlGaN и последующего его изготовления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электроника на основе нитрида галлия / пер. с англ. Р. Куэй ; под ред. А. Г. Васильева. – М. : Техносфера, 2011. – 592 с.
2. Modeling AlGaN p-i-n photodiodes / N. Vorsin [et al.] // Доклады БГУИР. – Т. 19, № 8. – 2021. – С. 50–57.
3. Моделирование и разработка AlGaN гетеропереходного полевого транзистора / Н. Н. Ворсин [и др.] // Вестник БрГТУ. – 2023. – № 1 (130). – С. 76–82.
4. Zine-eddine, T. Design and analysis of 10 nm T-gate enhance-ment-mode MOS-HEMT for high power microwave applications / T. Zine-eddine, H. Zahra, M. Zitouni // Journal of Science: Advanced Materials and Devices. – 2019. – Vol. 4, № 1. – P. 180–187.

МИКРОСТРУКТУРА СПЛАВА Al-7 МАСС. % ВІ ПРИ БЫСТРОЙ ЗАКАЛКЕ

В. И. Гладковский¹, А. И. Пинчук¹, В. Г. Шепелевич², В. М. Шилько²

¹Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Как известно, метод быстрой закалки из расплава заключается в охлаждении струи жидкого металла на внешней (закалка на диске) или внутренней (центробежная закалка) поверхностях вращающихся барабанов или в прокатке расплава между холодными валками, изготовленными из материалов с высокой теплопроводностью.

Сплавы алюминия, содержащие индий, свинец и висмут (Al-In, Al-Pb и Al-Bi), изучены недостаточно, что вызвано их ограниченным применением в промышленности. Однако в последние два десятилетия несколько групп исследователей проявили к ним научный интерес, обусловленный перспективами их практического использования [1–4]. Механические и эксплуатационные характеристики определяются как химическим составом, так и размером, морфоло-

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин

гией и распределением фаз, а также условиями эксплуатации. Структурные дефекты (дислокации, границы зерен, дефекты упаковки и др.) также влияют на их механические и электрохимические свойства. Установлено, что сплавы алюминия и висмута могут быть использованы в качестве анодных материалов при защите металлов, например железа и сталей от коррозии, что имеет важное практическое значение в разных отраслях промышленности, строительстве и транспорте. Экспериментально выявлено, что сплавы системы алюминий – висмут при определенных условиях взаимодействуют с водой, вызывая выделение тепла и водорода, что имеет важное практическое значение для развития водородной энергетики. Установлено, что свойства таких сплавов зависят от температуры и давления, а также от химического состава сплава и его микроструктуры, формируемой при кристаллизации и термической обработке [5–6]. Это обусловило проведения нами ряда исследований микроструктуры сплава Al-7 масс. % Вi полученных методом быстрой закалки.

Сплав Al-7 масс. % Вi получен путем сплавления алюминиевых трубок и висмута чистотой 99,999 % при температуре 750 °С. Затем расплав заливался при комнатной температуре в графитовую изложницу, где и закристаллизовывался в виде слитка с поперечным сечением $6 \times 6 \text{ мм}^2$ и длиной 7 см. Средняя скорость охлаждения расплава составляла $\sim 10 \text{ К/с}$. Из средней части слитков вырезались образцы для исследования микроструктуры. Исследования микроструктуры сплава проводились с помощью растрового электронного микроскопа LEO-1455-VP. Микроскоп имеет приставку для проведения рентгеноспектрального микроанализа. Рабочее напряжение электронного микроскопа 20 кВ. Поверхность шлифа полировалась специальной пастой, содержащей дисперсные твердые частицы абразивного вещества. Определение параметров микроструктуры (средней хорды зерен алюминия и выделений висмута, удельной поверхности межзеренных границ алюминия и межфазной границы алюминия и висмута) осуществлялось с помощью стереометрического анализа измерений, полученных методом случайных секущих [7]. Относительная погрешность измерения параметров микроструктуры составила 8–15 %.

Изображения шлифа исследуемого сплава Al-7 масс. % Вi при различных увеличениях представлены на рисунке 1 (а, б). При больших увеличениях (рисунк 1б) наблюдаются темный фон, белые и серые выделения. Темный фон соответствует алюминию. Белые выделения, как показал рентгеноспектральный микроанализ, соответствуют висмуту. Границы зерен алюминия декорируются светлыми выделениями других фаз. Средняя хорда сечений алюминиевых зерен равна $d_A = 25 \text{ мкм}$, рассчитанный средний размер зерен алюминия $D = 40 \text{ мкм}$. Удельная поверхность границ зерен алюминия равна $S_A = 0,12 \text{ мкм}^{-1}$. Большинство частиц висмута имеют шарообразную форму. Среднее значение диаметров их сечений равно $d_B = 1,5 \text{ мкм}$. Удельная поверхность межфазной границы алюминий-висмут составляет $S_{A-B} = 0,062 \text{ мкм}^{-1}$, что в два раза меньше S_A .

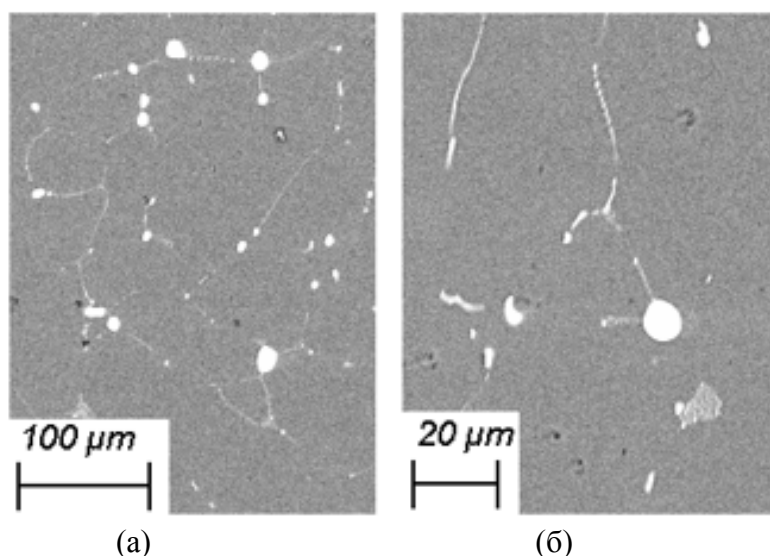


Рисунок 1 – Выделения фаз висмута и железа на границах зерен алюминия (а) и (б) сплава Al-7 масс. % Вi при различных увеличениях

Выделения, имеющие серый оттенок и полосатую структуру в области их скопления, содержат железо. В этих областях, как следует из распределения (рисунок 2), средняя концентрация железа достигает 10 масс. %. Распределение кремния характеризуется незначительными пиками (величиной до 2 масс. %), находящимися на расстоянии ~ 1 мкм друг от друга, что свидетельствует о более однородном распределении выделений кремния, чем распределения выделений висмута и железа в исследуемом сплаве Al-7 масс. % Вi после кристаллизации при скорости охлаждения 10 К/с.

Распределение длин хорд случайных секущих на выделениях висмута по размерным группам приведено на рисунке 2. Общее количество изображений выделений висмута, используемых при построении гистограммы, составляло не менее 150. Наибольшая доля (0,27) хорд приходится на группу с минимальным размером 0,5 мкм. С увеличением длины хорд на сечениях висмута их доля уменьшается. Доля хорд группы с максимальной их длиной (4 мкм) равна 0,05. Расстояния между выделениями висмута достигают 2 мкм и более.

Образование неоднородной структуры в массивном сплаве Al(Fe,Si)-7 масс. % Вi обусловлено особенностями диаграммы состояния системы Al-Vi [8, 9]. Взаимная растворимость компонентов в твердом состоянии составляет величину менее 1 масс. %. В сплавах системы имеет место расслоение жидкой фазы L на две жидкости L_1 и L_2 , отличающихся составом, при нагреве выше 657 °С. Объемная доля жидкости L_1 значительно больше объемной доли жидкости L_2 . При охлаждении расплава ниже 657 °С сначала происходит монотектическое превращение жидкости L_1 . При этом сначала выделяется алюминий, а атомы висмута и железа оттесняются к границам алюминиевых зерен. Жидкость L_2 , богатая висмутом, при дальнейшем охлаждении ниже 270 °С испытывает эвтектическое превращение, при котором выделяются висмут и алюминий. Выделения висмута являются более крупными, предпочтительно располагаются в областях, расположенных на стыках трех зерен. Выделяемый алюминий

присоединяется к зернам алюминия, которые образовались ранее при монотектическом превращении. Выделения железа, а также их скопления, преимущественно располагаются на границах зерен алюминия. Наблюдаются скопления дисперсных выделений висмута и железа, расположенных на границах зерен.

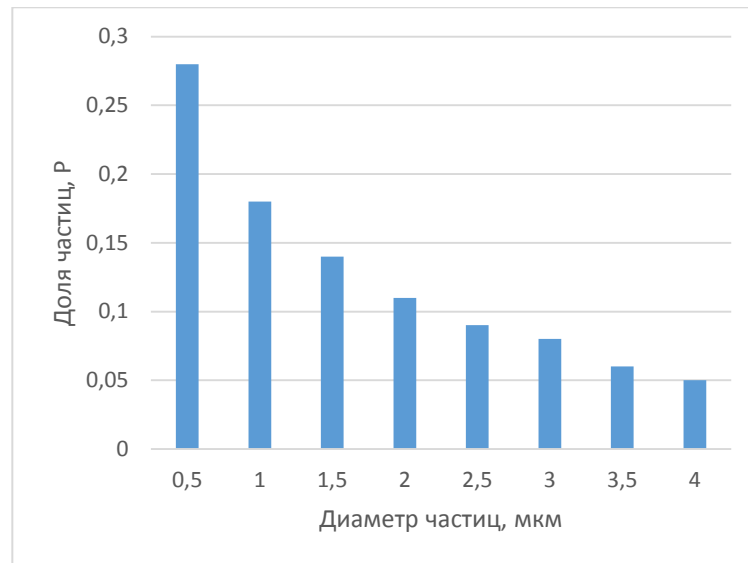


Рисунок 2 – Распределение длин хорд сечений висмутовых частиц сплава Al-7 масс. % Bi по размерным группам

Кристаллизация сплава Al-7 масс. % Bi, изготовленного на основе алюминиевого лома, в котором концентрация железа и кремния $\approx 0,3$ масс. %, при средней скорости охлаждения ~ 10 К/с, приводит к формированию микрокристаллической структуры. Средняя хорда сечений алюминиевых зерен равна $d_{Al} = 25$ мкм, средний размер зерен алюминия 40 мкм. Удельная поверхность границ зерен алюминия равна $S_{Al} = 0,12$ мкм⁻¹. На границах зерен локализованы преимущественно дисперсные выделения висмута и железа.

Распределение кремния в сплаве более однородно по сравнению с распределением выделений железа и висмута. Среднее значение диаметров частиц висмута равно $d_{Bi} = 0,5$ мкм. Удельная поверхность межфазной границы алюминий – висмут равна $S_{Al-Bi} = 0,062$ мкм⁻¹.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авраамов, Ю. С. Сплавы на основе систем с ограниченной растворимостью в жидком состоянии (теория, технология, структура, свойства) / Ю. С. Авраамов, А. Д. Шляпин. – М. : Интерконтакт науки, 2002. – 371 с.
2. Surface, interface and phase transitions in Al-In monotectic alloys / I. Kaban [et al.]. – Acta Mater, 2010. – V. 58. – P. 3406–3414.
3. Козин, Л. Ф. Водородная энергетика и экология / Л. Ф. Козин, С. В. Волков. – Киев : Наукова Думка. – 2020. – 396 с.
4. Кинетика и механизм коррозионного растрескивания алюминия / Л. Ф. Козин [и др.] // Украинский химический журнал. – 2009. – Т. 75. – № 11. – С. 3–11.

5. Кинетика и механизм взаимодействия с водой алюминия и магния тройной системы Al-Mg-Bi / Л. Ф. Козин [и др.] // Физико-химия поверхности материалов. – 2011. – Т. 47. – С. 144–153.

6. Шепелевич, В. Г. Структура быстрозатвердевших сплавов Al-(0,25–2,0) масс. % Bi / В. Г. Шепелевич // Физика и химия обработки материалов. – 2022. – № 4. – С. 32–36.

7. Салтыков, С. А. Стереометрическая металлография / С. А. Салтыков. – М. : Металлургия, 1976. – 272 с.

8. Диаграммы состояния двойных металлических систем. в 3 т. / под общ. ред. Н. П. Лякишева. – М. : Машиностроение, 1996. – Т. 1. – 992 с.

9. Новиков, И. И. Теория термической обработки металлов / И. И. Новиков. – М. : Металлургия, 1978. – 390 с.

МИКРОТВЕРДОСТЬ СПЛАВА Al-7 МАСС.% BI ПРИ СПИННИНГОВАНИИ

В. И. Гладковский¹, А. И. Пинчук¹, В. Г. Шепелевич², В. М. Шилько²

¹Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Спиннингование, то есть получение тонких лент аморфных металлических сплавов с помощью быстрого (со скоростью не менее 10^6 К/с) охлаждения расплава на поверхности вращающегося диска или барабана, отработано достаточно хорошо. Наиболее типичными способами получения аморфных лент и проволок методом быстрого охлаждения являются: а) закалка на вращающемся барабане; б) экстракция расплава вращающимся барабаном; в) охлаждение тонкой струи расплава. Далее аморфные лента и проволоки отжигются при контролируемой температуре для кристаллизации. Для создания нанокристаллической структуры отжиг проводится так, чтобы возникало большое число центров кристаллизации, а скорость роста кристаллов была низкой [1–5].

В последние десятилетия наблюдается существенный прогресс в развитии технологий по использованию водорода в различных областях деятельности человечества, например, в медицине, автомобильном транспорте и др. Известно, что сплавы системы алюминий – висмут при определенных условиях взаимодействуют с водой, вызывая выделение тепла и водорода. Для уменьшения стоимости получения водорода предполагается использовать алюминиевый лом (например, алюминиевые трубки из отработавших свой эксплуатационный срок холодильных установок, алюминиевый провод из выработавших свой ресурс линий электропередач, вышедшая из употребления алюминиевая посуда, отслужившие свой срок конструкционные алюминиевые изделия и др.) вместо алюминия, получаемого при помощи дорогостоящего электролиза [6–10]. Концентрация кремния и железа в алюминиевой трубке составляет $\approx 0,3$ масс. %.

В связи с этим нами проведено исследование микротвердости сплава Al-7 масс. % Вi, изготовленного на основе алюминиевых трубок, содержащих $\approx 0,3$ масс. % кремния и железа, и висмута чистотой 99,999 %, а также исследована его термическая стабильность путем измерения микротвердости сплава при изохронном и изотермическом отжигах.

Измерения микротвердости выполнены на микротвердомере ПМТ-3 с использованием нагрузки 20 г. Время действия нагрузки при измерении микротвердости равно 80 секунд. Значение микротвердости рассчитывалось по измерению диагоналей десяти отпечатков алмазного индентора на отполированной поверхности исследуемого сплава. Относительная погрешность определения микротвердости составила 4 %. Термическая стабильность полученного сплава исследована методом микротвердости с помощью изохронного отжига, проводимого от 20 до 160 °С через 20 °С и выдержкой при каждой температуре 30 минут, и изотермического отжига, проводимого при температуре 150 °С в течение 16 часов.

Получено, что микротвердость исследуемого сплава Al-7 масс. % Вi равна (323 ± 13) МПа. При проведении изохронного отжига в интервале температур 100–160 °С наблюдается монотонное уменьшение микротвердости исследуемого сплава. Изотермический отжиг исследуемого сплава, проводимый при температуре 150 °С, вызывает также монотонное уменьшение микротвердости (рисунок 1).

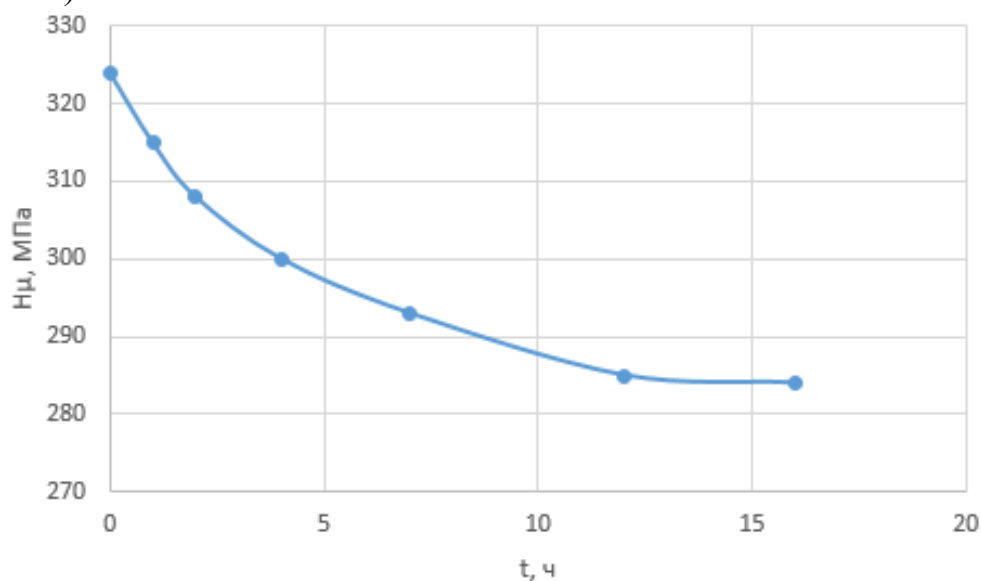


Рисунок 1 – Зависимость микротвердости сплава Al-7 масс. % Вi от времени выдержки при изотермическом отжиге

Изменение микротвердости на начальном этапе изотермического отжига описывается соотношением

$$(H_0 - H_t) = (H_0 - H_k) \exp(-at),$$

где H_0 , H_k и H_t – значения микротвердости при начальном, конечном и текущем времени t изотермического отжига. Расчет показал, что значение коэффициента $a = 0,3 \text{ час}^{-1}$.

Отношение температур изотермического отжига и начала плавления исследуемого сплава по шкале Кельвина равно $\approx 0,45$, т. е. при температуре 150 °С активно происходят диффузионные процессы в объеме зерен и их границах сплава, вызывающие растворение мелких частиц второй фазы (висмута) и рост более крупных его частиц [11]. Это уменьшает общее количество частиц висмута и увеличивает их средний размер и расстояния между ними. Поэтому этот процесс энергетически выгоден и приводит к уменьшению вклада дисперсионного механизма в упрочнение сплава, обуславливая тем самым уменьшение микротвердости при изохронном и изотермическом отжигах.

Таким образом, при изохронном отжиге в интервале температур 100–150 °С и при изотермическом отжиге при температуре 150 °С происходит уменьшение микротвердости, обусловленное укрупнением частиц висмута и уменьшением их дисперсионного вклада в упрочнение сплава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высокоскоростное затвердевание расплава (теория, технология и материалы) / В. А. Васильев [и др.] ; под ред. Б. С. Митина. – М. : СП Интермет инжиниринг, 1998. – 400 с.
2. Шепелевич, В. Г. Быстрозатвердевшие легкоплавкие сплавы / В. Г. Шепелевич. – Минск : БГУ, 2015. – 192 с.
3. Демидчик, А. В. Сверхбыстрая закалка спиннигованием и прокаткой висмут-сурьмянистых сплавов / А. В. Демидчик, В. Г. Шепелевич // Вестн. Гомельского гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. Сер. Машиностроение и машиноведение. Энергетика. – 2007. – № 3. – С. 17–23.
4. Верещагин, М. Н. Негомогенная пластическая деформация аморфных сплавов на основе железа : монография / М. Н. Верещагин, В. Г. Шепелевич, О. М. Остриков. – Гомель : ГГТУ, 2004. – 133 с.
5. Shepelevich, V. G. The microstructure and microhardness of rapidly solidified foils of eutectic alloy In – 47 at. % / V. G. Shepelevich, L. P. Shcherbachenko // British Journal of Science, Education and Culture. – 2015. – Vol. 3. – № 1 (7). – P. 863–871.
6. Авраамов, Ю. С. Сплавы на основе систем с ограниченной растворимостью в жидком состоянии (теория, технология, структура, свойства) / Ю. С. Авраамов, А. Д. Шляпин. – М. : Интерконтакт науки, 2002. – 371 с.
7. Surface, interface and phase transitions in Al-In monotectic alloys / I. Kaban [et al.]. – Acta Mater, 2010. – V. 58. – P. 3406–3414.
8. Козин, Л. Ф. Водородная энергетика и экология / Л. Ф. Козин, С. В. Волков. – Киев : Навукова Думка, 2020. – 396 с.
9. Кинетика и механизм коррозионного растрескивания алюминия / Л. Ф. Козин [и др.] // Украинский химический журнал. – 2009. – Т. 75. – № 11. – С. 3–11.
10. Козин, Л. Ф. Кинетика и механизм взаимодействия с водой алюминия и магния тройной системы Al-Mg-Bi / Л. Ф. Козин [и др.] // Физико-химия поверхности материалов. – 2011. – Т. 47. – С. 144–153.
11. Шепелевич, В. Г. Структурно-фазовые превращения в металлах / В. Г. Шепелевич. – Мн. : БГУ, 2021. – 201 с.

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ СПЛАВА $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ СЕРОЙ И ТЕЛЛУРОМ НА УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ И МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЕ

А. В. Демидчик

*Учреждение образования «Брестский государственный университет
имени А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь*

В работе [1] были рассмотрены электрические свойства бинарного сплава, а в работах [2, 3] – электрические свойства тройных сплавов на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированных элементами III и IV группы периодической системы химических элементов.

Цель работы – исследование влияния легирования третьим компонентом на удельное электросопротивление и магнетосопротивление фольг сплава на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$. В качестве третьего компонента выбирались химические элементы VI группы, такие как сера и теллур.

Образцы фольг получались путем затвердевания расплава на внешней отполированной поверхности вращающегося медного цилиндра. Для исследования выбирались фольги толщиной 30–40 мкм.

Из рисунков 1 и 2 видно, что для тройных сплавов, легированных серой и теллуrom, удельное электросопротивление в температурном интервале 77–270 К линейно увеличивается, что характерно для металлов, в то время как сплавы на этой же основе, но с добавлением элементов III и IV группы имеют монотонно убывающее с увеличением температуры сопротивление [2, 3]. Увеличение концентрации третьего компонента в сплаве на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ приводит к увеличению удельного электросопротивления при фиксированной температуре.

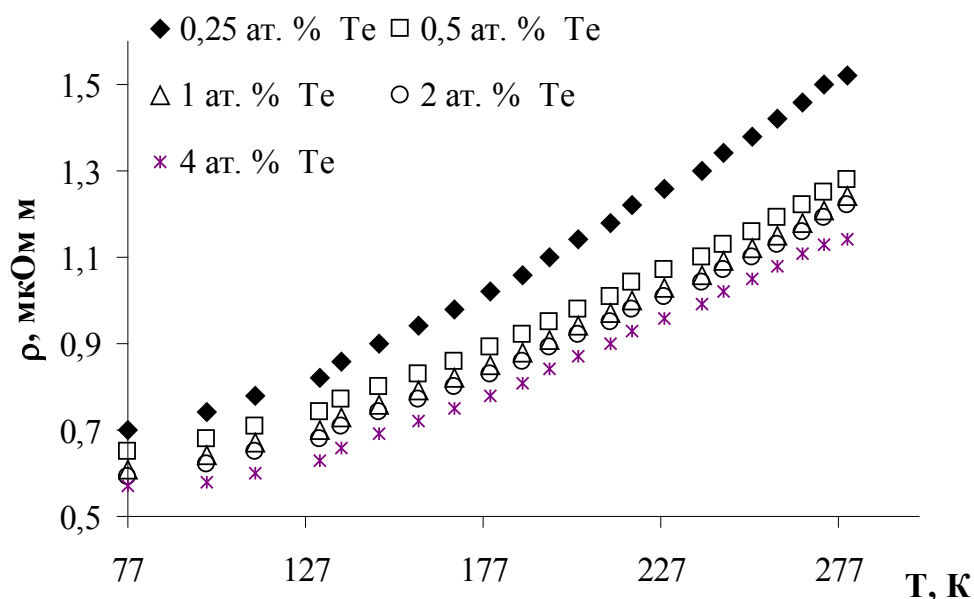


Рисунок 1 – Температурная зависимость удельного электросопротивления фольги сплава на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированного теллуrom

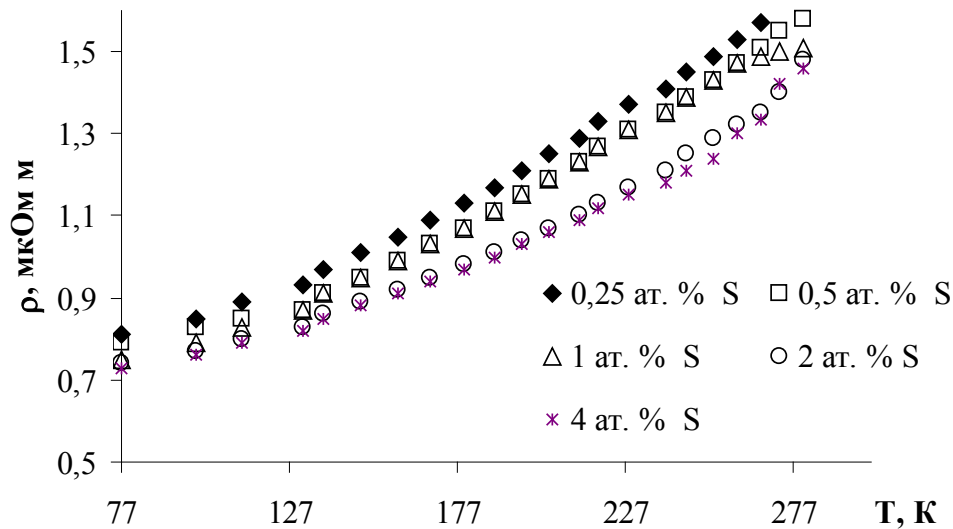


Рисунок 2 – Температурная зависимость удельного электросопротивления фольги сплава на основе $Bi_{0,89}Sb_{0,11}$, легированного серой

Заметим, что для фольг чистого висмута и монокристаллов удельное электросопротивление также увеличивается по линейному закону с увеличением температуры [4].

Магнетосопротивление для исследуемых сплавов изменяется незначительно в диапазоне температур 77–270 К (рисунки 3 и 4), в то время как для бинарных сплавов наблюдалось монотонное его уменьшение. Магнетосопротивление фольг тройных сплавов на порядок ниже, чем у бинарных сплавов [1], что связано с уменьшением подвижности носителей тока и существенным возрастанием концентрации электронов. Увеличение концентрации третьего компонента приводит к увеличению магнетосопротивления при фиксированной температуре.

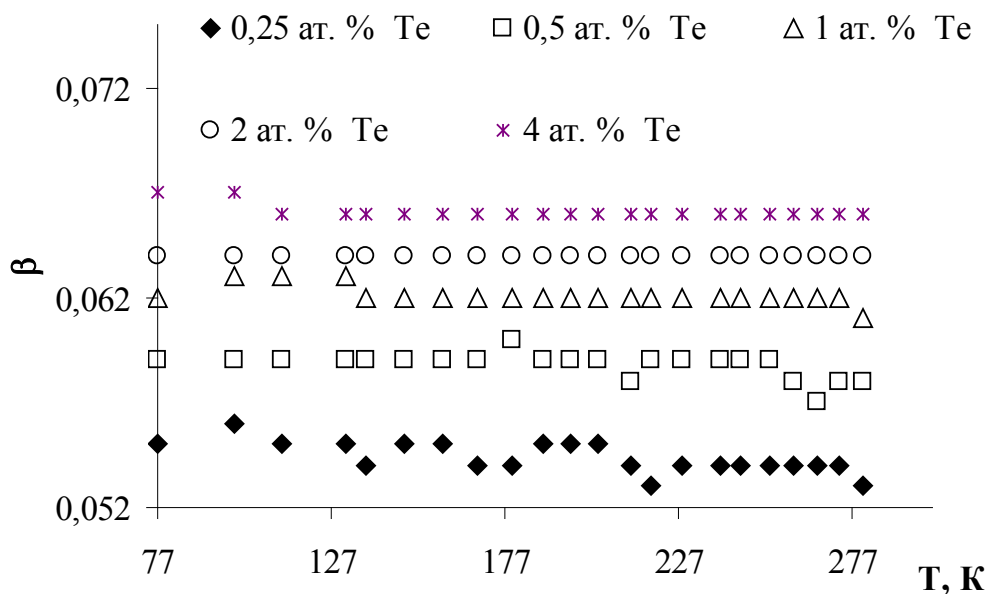


Рисунок 3 – Температурная зависимость магнетосопротивления фольги сплава на основе $Bi_{0,89}Sb_{0,11}$, легированного теллуром

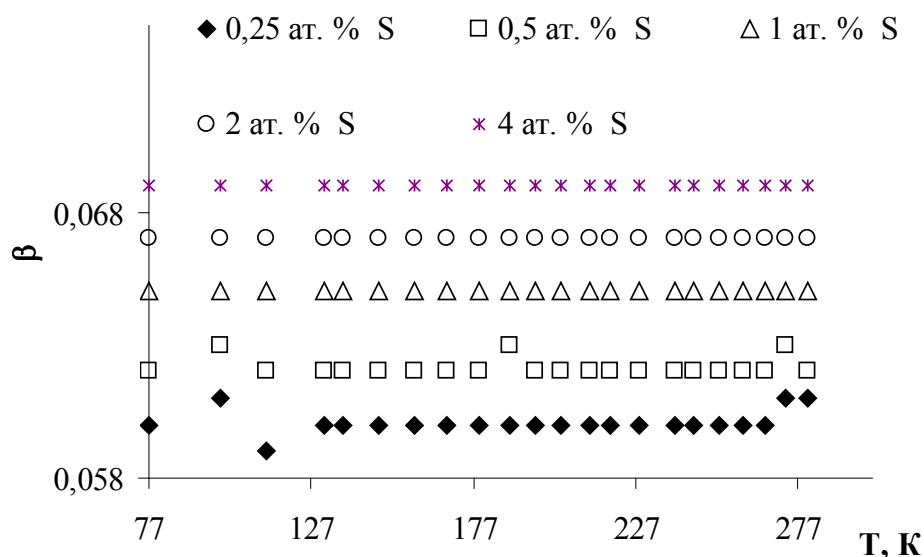


Рисунок 4 – Температурная зависимость магнетосопротивления фольги сплава на основе $Bi_{0,89}Sb_{0,11}$, легированного серой

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демидчик, А. В. Электрические свойства фольг сплава $Bi_{0,89}Sb_{0,11}$, полученных спиннингованием / А. В. Демидчик // Математические и физические методы исследований: научный и методический аспекты : сб. мат. Республ. науч.-практ. конф., Брест, 22–23 апреля 2021 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. И. Басика. – Брест : БрГУ, 2021. – С. 26–27.
2. Демидчик, А. В. Температурная зависимость удельного сопротивления фольг сплава $Bi_{0,89}Sb_{0,11}$, легированного In и Ga / А. В. Демидчик // Математическое моделирование и новые образовательные технологии в математике : сб. материалов Республ. науч.-практ. конф., Брест, 28–29 апреля 2022 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. И. Басика. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 190–192.
3. Демидчик, А. В. Температурная зависимость удельного сопротивления фольг сплава $Bi_{0,89}Sb_{0,11}$, легированного Ge и Sn / А. В. Демидчик // Актуальные вопросы общей и теоретической физики, физики конденсированных сред и астрофизики : сб. материалов регион. науч.-практ. семинара, посвящ. 70-летию со дня рождения А. Ф. Ревинского, Брест, 12–13 апреля 2022 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. В. Демидчика. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 26–27.
4. Иванов, Г. А. К расчету концентрации и подвижности носителей тока в висмуте / Г. А. Иванов // Физика твердого тела. – 1964. – Т. 6, № 3. – С. 938–940.

РАЗЛИЧЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ И УГЛОВОЙ РАСЦЕНТРОВОК ВАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ МЕЖКОМПОНЕНТНОЙ ФАЗОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Д. А. Кечик, И. Г. Давыдов

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

Внедрение методов неразрушающего контроля, включая виброакустическую диагностику, существенно снижает затраты производства за счёт уменьшения времени простоя оборудования, предотвращения его внезапных отказов, уменьшения числа ошибок монтажа при сборке за счёт удлинения межремонтного интервала, своевременного выявления подобных ошибок [1]. Одной из распространённых проблем сборки оборудования, приводящей к значительному росту частоты отказа его узлов, является расцентровка соединяемых валов [2].

Выводы о наличии расцентровки делаются на основании анализа амплитудного спектра вибрации. Как правило, расцентровка характеризуется повышенной амплитудой второй (иногда и третьей) гармоник частоты вращения вала. При этом имеется проблема различения угловой и параллельной расцентровок. На рисунке 1 изображены кинематические модели валов, соединённых муфтами, для параллельной и угловой расцентровки, приведённые в [3].

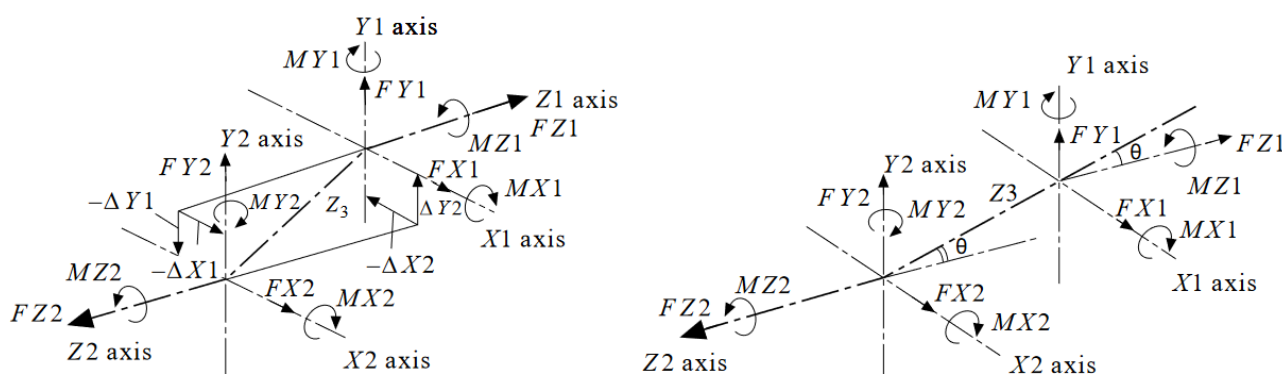


Рисунок 1 – Параллельная (а) и угловая (б) расцентровки валов

Решение о наличии того или иного вида расцентровки принимают по уровням соответствующих составляющих вибрации, измеренной в трёх направлениях (горизонтальном, вертикальном, осевом). Установка множества датчиков требует больших материальных затрат, кроме этого, не всегда возможна технически. Свою эффективность показал анализ траекторий движения вала [4], требующий установки только двух датчиков вибрации в радиальных направлениях. Однако метод плохо формализован и требует применения машинного обучения [5]. Модель, различающая изображения траекторий, обучается для каждого частного случая. Преодолеть выше указанные недостатки возможно при использовании межкомпонентной фазовой обработки сигналов.

Межкомпонентные фазовые отношения (МКФО) [6] составляющих полигармонического сигнала – линейные комбинации фаз его гармонических составляющих $\phi(h)$, $h = 1 \dots H$:

$$\Theta(k) = \sum_{h=1}^H k(h) \cdot \phi(h), \text{ при условии } \sum_{h=1}^H k(h)h = 0. \quad (1)$$

Для случая параллельной расцентровки, зависимости амплитуд, начальных фаз и значений МКФО от величины расцентровки, разработаны в рамках предыдущей работы [7]. Перемещение точек на концах валов описывается лагранжианом:

$$\mathbf{F} = M \cdot \delta'' + C \cdot \delta' + S \cdot \delta, \mathbf{F} = [F_1, F_2, \dots, F_n], \delta = [\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n]^T, \quad (2)$$

где M – матрица масс, C – матрица затухания, S – матрица жёсткости, размерности матриц $n \cdot n$, n – число степеней свободы, δ – вектор перемещений оси вала δ_i по i степеням свободы, F – вектор сил, $i = 1 \dots n$, штрих означает производную по времени.

Для упрощения анализа, число степеней свободы, описывающих систему, сокращено до двух. Кроме этого, величина расцентровки $E \in [0, 1]$ выражена как отношение параллельного смещения D к осевому Z : $E = D/Z$. Система уравнений (2) была алгебраизирована. Новая система связывает комплексные амплитуды перемещений по степеням свободы с комплексными амплитудами сил:

$$\begin{aligned} \dot{k}_{11}(f) \dot{x}(f, E, \alpha) + \dot{k}_{12}(f) \dot{y}(f, E, \alpha) &= \dot{F}_x(f, E, \alpha), \\ \dot{k}_{21}(f) \dot{x}(f, E, \alpha) + \dot{k}_{22}(f) \dot{y}(f, E, \alpha) &= \dot{F}_y(f, E, \alpha), \\ \dot{k}_{im}(f) &= -\omega^2 \cdot m_{im} + j \cdot \omega d_{im} + s_{im} = R_{im} + j \cdot I_{im}, i, m = 1 \dots n. \end{aligned} \quad (3)$$

Комплексные амплитуды соответствующих величин обозначены точкой сверху. В общем виде, зависимость значений МКФО составляющих вибрации вдоль оси X от величины расцентровки валов может быть выражена согласно (29) в работе [7]:

$$\Theta_x(k, E, \alpha, F_{rot}) = \sum_{h=1}^H k(h) \cdot \phi_x(h, E, \alpha, F_{rot}) = \sum_{h=1}^H k(h) \cdot \phi_{1x}(h \cdot F_{rot}, E, \alpha) + C_x(F_{rot}).$$

Значения МКФО выражены через сумму неинформативной $C_x(F_{rot})$ и информативной (зависимой от E) составляющих:

$$\phi_{1x}(f, E, \alpha) = \text{atan} \frac{F_x(E, \alpha) I_{22}(f) - F_y(E, \alpha) I_{12}(f)}{F_x(E, \alpha) R_{22}(f) - F_y(E, \alpha) R_{12}(f)}. \quad (4)$$

Здесь α – угол между осью X и направлением смещения второго вала. Функция $\text{atan}(x)$ учитывает знак аргумента, $\text{Im}\{x\}$ и $\text{Re}\{x\}$ – мнимая и действительная части величины x соответственно:

$$\operatorname{atan}(x) = \begin{cases} \operatorname{arctg}(\operatorname{Im}\{x\} / \operatorname{Re}\{x\}), & \text{if } \operatorname{Im}\{x\} > 0, \operatorname{Re}\{x\} > 0, \\ \operatorname{arctg}(\operatorname{Im}\{x\} / \operatorname{Re}\{x\}) + \pi, & \text{if } \operatorname{Im}\{x\} > 0, \operatorname{Re}\{x\} < 0, \\ \operatorname{arctg}(\operatorname{Im}\{x\} / \operatorname{Re}\{x\}) - \pi, & \text{if } \operatorname{Im}\{x\} < 0, \operatorname{Re}\{x\} < 0, \\ \operatorname{arctg}(\operatorname{Im}\{x\} / \operatorname{Re}\{x\}), & \text{if } \operatorname{Im}\{x\} < 0, \operatorname{Re}\{x\} > 0. \end{cases} \quad (5)$$

Для колебаний валов вдоль оси Y получим аналогичное (4) выражение, решив систему (2) методом Гаусса для переменной y , как это сделано в [7]:

$$\phi_{1y}(f, E, \alpha) = \operatorname{atan} \frac{F_y(E, \alpha)I_{11}(f) - F_x(E, \alpha)I_{21}(f)}{F_y(E, \alpha)R_{11}(f) - F_x(E, \alpha)R_{21}(f)}. \quad (6)$$

Выражения для амплитуд сил в обоих направлениях в случае параллельных валов были получены для их соединения гибкой муфтой (формула (18) в [7]). В дальнейшем, для упрощения сравнения, будем рассматривать параллельные и угловые смещения валов вдоль одной из радиальных осей. Приведём зависимость $\phi_1(E)$ для случая параллельного смещения валов вдоль оси X , т. е. $\alpha = 0$, на основании упрощённой для этого случая формулы (4):

$$\phi_{1x}(f, E) = \operatorname{atan} \left(\frac{\arcsin(E) \cdot I_{22}(f)}{\arcsin(E) \cdot R_{22}(f)} \right). \quad (7)$$

Для параллельного смещения валов вдоль оси Y , т.е. $\alpha = \pi/2$, из (6) получим:

$$\phi_{1y}(f, E) = \operatorname{atan} \left(\frac{\arcsin(E) \cdot I_{11}(f)}{\arcsin(E) \cdot R_{11}(f)} \right). \quad (8)$$

В обоих случаях перемещения вдоль ортогональных осей равны 0.

Для угловой расцентровки, на основании приведённой в [3] модели, получим выражения сил вдоль радиальных осей при угловом смещении одного из валов вдоль оси X (9) и Y (10) соответственно:

$$F_x = Tq \sin(\theta) / Z, \quad (9)$$

$$F_y = Kb \cdot \theta / Z,$$

$$F_x = Kb \cdot \theta / Z, \quad (10)$$

$$F_y = Tq \sin(\theta) / Z,$$

где Tq – крутящий момент, Kb – вращательная жёсткость муфты, кг·м/рад. Тогда выражения для перемещения вала вдоль соответствующей оси при его угловом смещении вдоль осей X и Y соответственно:

$$\phi_{1yx}(f, E, \alpha) = \operatorname{atan} \frac{F_y(E, \alpha)I_{11}(f) - F_x(E, \alpha)I_{12}(f)}{F_y(E, \alpha)R_{11}(f) - F_x(E, \alpha)R_{12}(f)}; \quad (11)$$

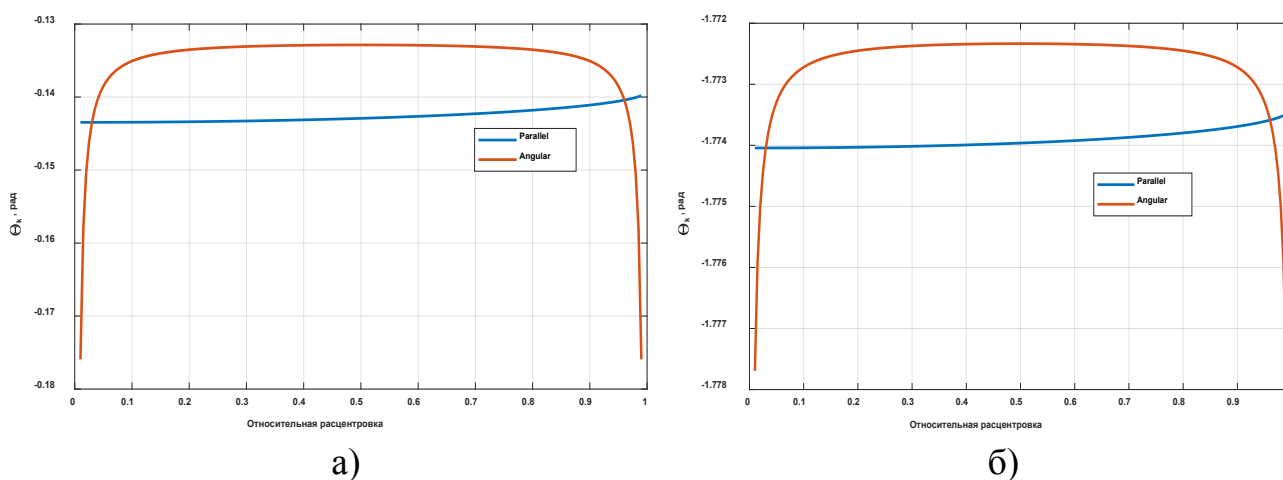
$$\phi_{1yy}(f, E, \alpha) = \operatorname{atan} \frac{F_y(E, \alpha)I_{11}(f) - F_x(E, \alpha)I_{21}(f)}{F_y(E, \alpha)R_{11}(f) - F_x(E, \alpha)R_{21}(f)}. \quad (12)$$

Результаты компьютерного моделирования зависимостей значений $\Theta(k)$ от значений параллельной и угловой расцентровок приведены на рисунке 2. Для удобства отображения на одном графике нормируем значения величины угловой расцентровки и рассчитаем значения МКФО в соответствии с выражением

$$\Theta'_{x,y}(f, \theta') = \Theta_{x,y}(f, (\theta' - 0.5) \cdot 2\pi), \theta' = \theta / (2\pi) + 0.5. \quad (13)$$

Таким образом, в настоящей работе на упрощённой модели показано, что возможно различить виды расцентровки по значениям МКФО составляющих сигналов вибрации, записанных в одном из радиальных направлений.

Показано, что при помощи измерения значений межкомпонентных фазовых отношений составляющих сигналов радиальной вибрации подшипников возможно определить тип расцентровки валов.



(а) – $k = \{2, -1, 0\}$, (б) – $k = \{3, 0, -1\}$

Рисунок 2 – Значения $\Theta(k)$ при параллельной и угловой расцентровках валов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов, И. Л. Вибродиагностика энергетического оборудования / И. Л. Абрамов. – Кемерово : КузГТУ, 2011. – 81 с.
2. Hariharan, Dr. V. Vibration analysis of misaligned shaft – ball bearing system / Dr. V. Hariharan // Indian J. Sci. Technol. – 2009. – Т. 2. – С. 45–50.
3. Sekhar, A. S. Effects of coupling misalignment on vibrations of rotating machinery / A. S. Sekhar, B. S. Prabhu // J. Sound Vib. – 1995. – Vol. 185, № 4. – P. 655–671.
4. Вибродиагностика : монография / Е. З. Мадорский [и др.] ; ред. Г. Ш. Розенберг. – СПб : ПЭИПК, 2003. – 284 с.
5. Algorithm of classification of shaft orbits / D. Kechik [et al.] // PSU Proc. Ser. C. – 2021. – № 4. – P. 35–44.
6. Barysenka, S. Y. Single-channel speech enhancement using inter-component phase relations / S. Y. Barysenka, V. I. Vorobiov, P. Mowlae // Speech Commun. – 2018. – Vol. 99. – P. 144–160.
7. Кечик, Д. А. Зависимость значений межкомпонентных фазовых отношений гармонических составляющих вибрации от смещения несоосных валов [Электронный ресурс] / Д. А. Кечик. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19082.24000>. – Дата доступа: 27.09.2023.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

С. А. Лукашевич, Н. В. Лукашевич

Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь

При определении показателей преломления будем рассматривать газ, состоящий из полностью анизотропных молекул (в таких молекулах электрон может колебаться лишь в одном фиксированном направлении относительно осей молекулы). Электрические поля направим по осям Z и Y и, в зависимости от распределения осей молекул по углам, считаем, что $n_z - n_y \ll n_0$ и n_0 близко к единице (n_0 – показатель преломления при изотропном распределении молекул).

Примем, что распределение осей молекул зависит лишь от их угла с осью Z .

В данном случае компонента вектора поляризации в направлении вызывающего поляризацию поля E равна

$$P = N\alpha E \overline{\cos^2 \theta}, \quad (1)$$

где N – число молекул в единице объёма, α – поляризуемость полностью анизотропной молекулы (т. е. дипольный момент, вызываемый полем, равным единице и направленным по направлению поляризации молекулы).

Если оси молекул распределены хаотически, то среднее значение

$$\overline{\cos^2 \theta} = \frac{1}{3},$$

и в этом случае проницаемость

$$\varepsilon_0 = 1 + 4\pi N\alpha \overline{\cos^2 \theta} = 1 + \frac{4\pi N\alpha}{3}. \quad (2)$$

Так как $n_0 = \sqrt{\varepsilon_0} \approx 1$, то

$$n_0 - 1 = \frac{2\pi N\alpha}{3}. \quad (3)$$

Если распределение молекул зависит от угла θ между направлением поляризации и осью Z , то для световой волны с электрическим вектором \vec{E} , направленным вдоль оси Z , будем иметь:

$$\varepsilon_z = 1 + 4\pi N\alpha \overline{\cos^2 \theta}. \quad (4)$$

А для случая, когда \vec{E} направлено по оси Y ,

$$\varepsilon_y = 1 + 4\pi N\alpha \overline{\sin^2 \theta \cos^2 \theta} = 1 + 2\pi N\alpha \overline{\sin^2 2\theta}. \quad (5)$$

Отсюда получим, что

$$\varepsilon_z - \varepsilon_y = n_z^2 - n_y^2 = 4\pi N\alpha \frac{3}{2} \left(\overline{\cos^2 \theta} - \frac{1}{3} \right).$$

И т. к. $n_z - n_y \ll n_0$, то получим следующее выражение:

$$n_z - n_y = \frac{n_0 - 1}{n_0} \overline{\left(\cos^2 \theta - \frac{1}{3} \right)}, \quad (6)$$

где $\overline{\cos^2 \theta}$ – среднее по всем направлениям значение квадрата косинуса угла θ между направлением поля и направлением, в котором молекула поляризуется.

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин

Рассматривая газ, состоящий из полностью анизотропных молекул без дипольного момента, попробуем вычислить постоянную Керра: $B = \frac{n_z - n_y}{\lambda_0 E_0^2}$.

Постоянное электрическое поле, равное E_0 , направлено по оси Z . Величину $\beta = \frac{\alpha E_0^2}{2KT}$ считаем малой по сравнению с единицей.

Заметим, что вероятность того, что ось некоторой молекулы образует с направлением поля угол, заключённый между θ и $\theta + d$, θ равна

$$W(\theta)d\theta = Ce^{-\frac{U}{KT}} \sin^2 \theta d\theta,$$

где C – постоянная, U – потенциальная энергия молекулы.

В данном случае

$$U = \frac{p^2}{2\alpha} - PE_0 \cos \theta,$$

где P – индуцированный дипольный момент:

$$P = \alpha E_0 \cos \theta.$$

Первый член в U – энергия, затраченная на создание диполя, второй член – энергия диполя во внешнем поле.

Тогда имеем

$$\frac{\int_0^\pi \cos^2 \theta W(\theta) d\theta}{\int_0^\pi W(\theta) d\theta} = \frac{\int_0^\pi \cos^2 \theta \left(1 + \frac{\alpha E_0^2 \cos^2 \theta}{2KT}\right) \sin \theta d\theta}{\int_0^\pi \left(1 + \frac{\alpha E_0^2 \cos^2 \theta}{2KT}\right) \sin \theta d\theta},$$

так как предполагается, что $\frac{U}{KT}$ мало.

Интегрируя и подставляя $\cos^2 \theta$ в формулу (5), найдём сначала $n_z - n_y$, а затем постоянную B .

В нашем случае постоянная Керра:

$$B = \frac{n_0 - 1}{5n_0 \lambda_0} \left(\frac{\lambda}{KT}\right). \quad (7)$$

В заключение отметим, что в действительности полностью анизотропных молекул не существует. Поляризуемость α анизотропной молекулы является тензором. Если $\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3$ – главные значения этого тензора, то полная анизотропия означала бы, что два из этих значений обращаются в нуль.

Конечные результаты, полученные нами, допустимо применять к таким молекулам, у которых одно из значений $\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3$ велико по сравнению с двумя другими. Основная цель сравнения этих значений – пояснить на простой модели основы теории эффекта Керра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, А. Н. Оптика / А. Н. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1985. – 351 с.

ТЕХНИЧЕСКОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ВУЗОВСКОМ ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССОВ ЗАРЯДА И РАЗРЯДА КОНДЕСАТОРА

К. М. Маркевич, К. А. Олехнович

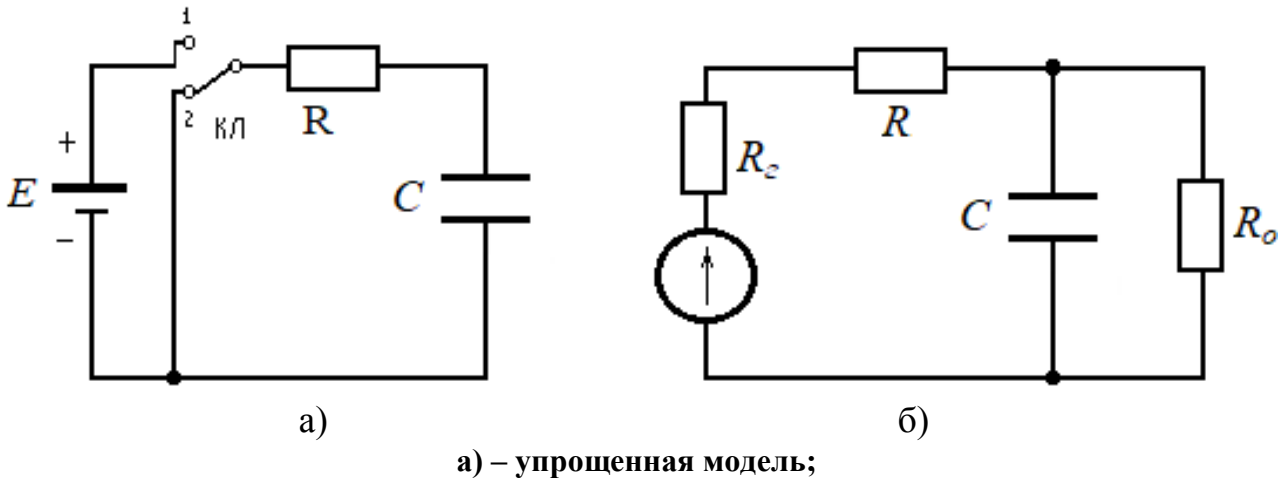
Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

Значимость конденсатора возросла в науке и технике с развитием радиоэлектроники; он может являться компонентом схем замещения диодов, транзисторов, микросхем и еще выполняет самостоятельную функцию в электрических схемах. Если способность конденсатора накапливать и отдавать электрический заряд рассматривать как переходные процессы, то это выводит обучающихся на более глубокое изучение в физике свойств этого элемента радиоэлектроники.

Изучение конденсатора в физике связывают с процессами его зарядки и разрядки [1–6]. Для организации зарядки конденсатора используют ступенчатое воздействие источника напряжения, которое подают на RC-цепь посредством ключа; разрядка конденсатора реализуется замыканием заряженного конденсатора на резистор, через который происходил его заряд (рисунок 1а). Реакция конденсатора на подключаемое постоянное напряжение реализует переходной процесс его зарядки. Реакция заряженного конденсатора при подключении его на резистор R есть переходной процесс его разрядки. Математические модели процессов зарядки и разрядки конденсатора разные. Это зависит от того, какой параметр в ходе исследований контролируется исследователем. Если в ходе процессов зарядки и разрядки конденсатора снималась зависимость напряжения на конденсаторе от времени $u_c = f(t)$ [2–6], то математические модели строились по параметру u_c . Если экспериментально исследовалась зависимость тока $i_c = f(t)$ [1], то и математическая модель строились по параметру тока i_c , или приводилась к параметру заряда на конденсаторе q_c [1; 3].

В [1] рассмотрены математические модели зарядки и разрядки конденсатора на основе зависимостей $i_c = f(t)$ и $q_c = f(t)$, где i_c – ток зарядки (разрядки); q_c – заряд конденсатора, t – время зарядки (разрядки) (до десятков секунд). Ток, как правило, измеряется микроамперметром; время – ручным секундомером. В исследовании не учитываются выходные (источника напряжения) и входные (измерителя тока) сопротивления. Это качественное изучение переходных процессов в RC-цепи. Теория в [2] также посвящена заряду и разряду конденсаторов в RC-цепи, но математические модели рассматриваются в параметрах напряжения u_c ; исследуется зависимости $u_c = f(t)$. В исследованиях есть задание по определению емкости конденсатора C, но не учитывается входное сопротивление вольтметра (может составлять единицы МОм). Сопротивление R в RC-цепи, тоже порядка МОм.

С учетом того, что сопротивление R цепи RC в [2] 1 МОм и сопротивление вольтметра того же порядка, точность измерения C снижается. Описание в [3] посвящено измерению емкости конденсатора C.



а) – упрощенная модель;
 б) – уточненная модель исследования переходных процессов в конденсаторе
 Рисунок 1 – Физические модели зарядки и разрядки конденсатора

Математические модели зарядки и разрядки конденсатора рассматриваются в параметрах $q_c = f(t)$ и $u_c = f(t)$. Измерение емкости конденсатора осуществляется мостовым методом. В одну из диагоналей моста подается прямоугольные импульсы; в другую – включается «нуль индикатор» – осциллограф. Имеются электронные ресурсы, связанные с определением емкости конденсаторов на основе переходных процессов, но в работе [4] используется имитационное моделирование типа Electronics Workbench или Micro Cap; оно не связано с реальными физическими моделями. Электронный ресурс [5] также посвящен переходным процессам в RC-цепи, при этом изучаемые переходные процессы наблюдаются посредством осциллографа. Лабораторная работа ориентирована на исследование зависимостей: $T = f(R)$ при $C = \text{const}$ и $T = f(C)$ при $R = \text{const}$. Кроме того, в работе исследуется сам переходной процесс в зависимости изменения величины емкости C RC-цепи.

Анализ приведенных и других описаний лабораторных работ показывает наличие разных подходов к изучению процессов зарядки и разрядки конденсатора:

- используется разный инструментарий для исследования процессов зарядки и разрядки конденсатора, одни использовали контроль напряжения на конденсаторе, другие контролировали ток через конденсатор, третьи наблюдали переходной процесс посредством осциллографа;

- независимо от подхода авторов к изучению процессов зарядки и разрядки конденсаторов они использовали физическую модель, показанную на рисунке 1а;

- для описания математических моделей зарядки и разрядки конденсатора большинство авторов использовали напряжения u_c , немногие – ток i_c или заряд q_c ; все определялось измерительным инструментарием лабораторной работы;

- физическая модель (рисунок 1а) не учитывает влияние измерительной техники (вольтметра, амперметра, осциллографа), а также параметров источников ступенчатых напряжений и генератора прямоугольных импульсов, если в качестве измерителя используется осциллограф.

Указанные выше аспекты позволяют сделать вывод: исследования будут более корректными, если в ходе их проведения учитывать сопротивления инвентария как на входе, так и выходе RC-цепи. Это также значит, что исследования [1–6] имеют качественный характер. Если в качестве одного из заданий лабораторной работы есть задание по определению емкости конденсатора, то результат этого задания будет иметь большую погрешность, обусловленную обозначенными выше допущениями: пренебрежением сопротивлений источника напряжения и входным сопротивлением измерителя напряжения на конденсаторе. Поскольку исследования процессов зарядки и разрядки конденсатора в переходных процессах многовариантны, что выше показано, остановимся на случае, когда для исследований используется осциллограф. Использование последнего влечет за собой применение генератора прямоугольных импульсов. Не вникая в подробности организации такой лабораторной работы (они рассмотрены в [5; 6]), приведем физическую модель, которая исключает ранее указанные допущения физической модели, показанной на рисунке 1а. Это физическая модель приведена на рисунке 1б.

Как известно [1–7], для упрощенной модели зарядки конденсатора используются уравнения (1) и (2):

$$RC \frac{du_{c3}}{dt} + u_{c3} = E \quad (1)$$

$$u_{c3} = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}}), \quad (2)$$

где (2) является решением уравнения (1); RC – постоянная времени заряда конденсатора; E – напряжение, до которого зарядится конденсатор за время t .

Уточненная физическая модель зарядки конденсатора (рисунок 1б) описывается уравнениями (3) и (4):

$$(R_{\Gamma} + R)C \frac{dU_{c3}}{dt} + \frac{1}{R_0}(R_{\Gamma} + R_0 + R)U_{c3} = E, \quad (3)$$

$$U_{c3} = E - Ee^{-\frac{R_{\Gamma}+R+R_0}{CR_0(R_{\Gamma}+R)}t} = E(1 - Ee^{-\frac{R_{\Gamma}+R+R_0}{CR_0(R_{\Gamma}+R)}t}). \quad (4)$$

Здесь (4) является решением уравнения (3); R_{Γ} – внутреннее сопротивление генератора прямоугольных импульсов; R_0 – входное сопротивление осциллографа; R – сопротивление, через которое происходит зарядка конденсатора емкостью C до напряжения E за время t .

Рассмотрение работ [1–6] показывает, что для исследования зарядки и разрядки конденсатора многие авторы используют промежутки времени порядка секунд. Чтобы реализовать такое время на практике, следует иметь величины емкости конденсатора C сотни (тысячи) микрофард, а также значения сопротивления R порядка мегаом. Типичные входные сопротивления осциллографов с открытым входом – 1 МОм (например, АКИП 4115/1А). Согласно законам

электричества, при заряде конденсатора сопротивления R и R_0 включаются параллельно. Если эти сопротивления R и R_0 равны по величине 1 МОм, то зарядка конденсатора реально происходит при сопротивлении 0,5 МОм, что не учитывается в (1) и (2).

Что касается выходного сопротивления генератора прямоугольных импульсов R_L , то оно может иметь величину порядка килоом, сотни Ом, а поэтому его вклад в процессы зарядки и разрядки конденсатора невелик. Тем не менее, зная некоторое усредненное значение этой величины, можно уточнить выражения (1) и (2). Сопротивления источников напряжений может составлять от десятых и сотых долей Ом до единиц килоом. Их учет не существенен для обеих моделей рисунка 1. Таким образом выражения (3) и (4) более точно описывают процессы зарядки и разрядки конденсатора сравнительно с физической моделью рисунка 1а. Тем более это существенно, если на основе переходных процессов определяется емкость заряжаемого конденсатора. Однако рассмотренное – всего частные случаи из возможных исследований процессов зарядки и разрядки конденсатора с использованием осциллографа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

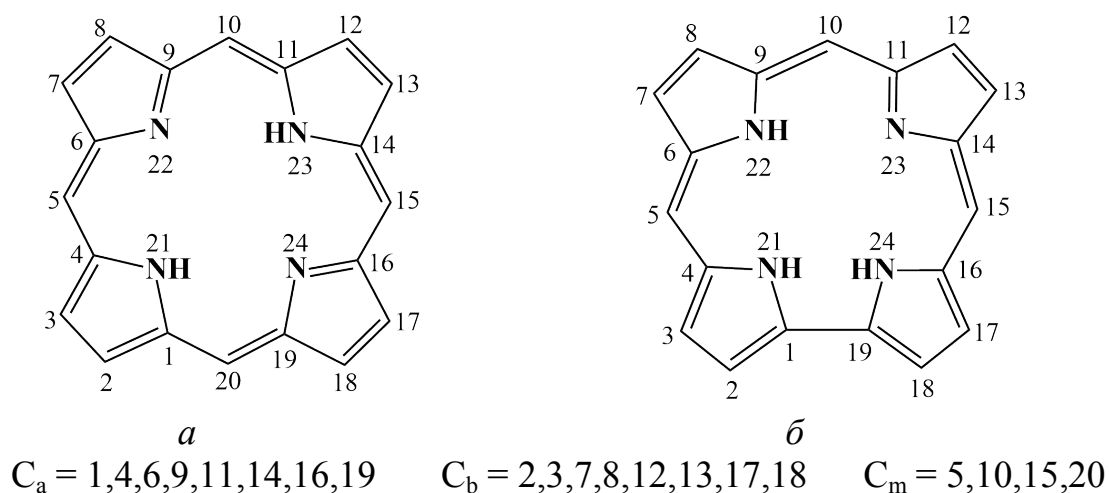
1. Чуев, А. С. Изучение процессов зарядки и разрядки конденсаторов / А. С. Чуев, В. Н. Бовенко. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 18 с.
2. Ставинский, Н. Н. Изучение процессов заряда и разряда конденсаторов: физический практикум / Н. Н. Ставинский // Дальневосточный федеральный университет. – Владивосток, 2014. – 8 с.
3. Услугин, Н. Ф. Переходные процессы в цепях с конденсаторами. Физический практикум / Н. Ф. Услугин. – Нижний Новгород : НГУ. – 2018. – 14 с.
4. Переходные процессы в цепях постоянного тока с конденсатором [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itteach.ru/fizika/perechodnie-protsessi-v-tsepyach-postoyannogo-toka-s-kondensatorom>. – Дата доступа: 04.09.2023.
5. Зарядка и разрядка конденсатора при включении и выключении постоянного тока [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kpfu.ru/portal/docs/F1880781099/351.pdf>. – Дата доступа: 04.09.2023.
6. Величко, Л. А. Измерение емкости конденсатора на основе переходных процессов / Л. А. Величко, Н. Н. Ворсин, К. М. Маркевич. – Брест : БрГТУ, 2018. – С. 11–19.
7. Теоретические основы электротехники. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / А. В. Крутов [и др.]. – Минск : БГТА, 2021. – Ч. 2. – С. 37–44.

МНОГОЦЕНТРОВЫЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МАКРОГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

Н. Н. Крук

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время принято говорить о межмолекулярных взаимодействиях как о процессах молекулярного распознавания в молекулярных системах, потому что межмолекулярные процессы происходят при взаимодействии отдельных функциональных групп – реакционных центров. В простейшем случае, если у молекулы есть один реакционный центр, то ее способность к участию в некотором межмолекулярном процессе может быть представлена в виде однопараметрической зависимости $S = f(x)$. Свободные основания тетрапиррольных макрогетероциклических соединений (рисунок 1) способны к участию в различных межмолекулярных взаимодействиях благодаря наличию: а) аминогрупп пиррольных колец; б) неподеленных электронных пар у иминных атомов азота пирролениновых колец; в) реакционных центров, формируемых периферическими заместителями.



Для коррола приведена структура коротковолнового таутомера T2.

Нумерация атомов дана согласно номенклатуре IUPAC

Рисунок 1 – Молекулярная структура свободных оснований порфирина (а) и коррола (б)

В случае порфиринов можно было ожидать, что реакционная способность однотипных центров будет одинаковой благодаря симметричной молекулярной структуре (рисунок 1а). Однако реакционные центры оказываются неэквивалентными из-за электронной межцентровой коммуникации в макроцикле и асимметричности молекулярной конформации, которая формируется в конденсированной фазе даже у симметричных (симметрично замещенных) соединений. Поэтому при сольватации у конформационно подвижных тетрапиррольных макроциклов возможны заметные отклонения от симметричного строения.

Значительно бóльшая асимметрия наблюдается у тетрапиррольных макроциклов, которые содержат в составе различные гетероциклы либо отличаются типом соединительных мостиков между ними. Так, свободные основания корролов (рисунок 1б) отличаются тем, что два пиррольных фрагмента соединены не метиновыми мостиками, а непосредственно С–С связью. Симметрия макроцикла корролов существенно снижается по сравнению со свободными основаниями порфиринов. Дополнительным возмущающим фактором в свободных основаниях корролов является наличие в макроциклическом ядре трех протонов, которые не могут разместиться в плоскости сокращенного макроцикла и индуцируют формирование неплоского конформера волнообразного типа [1].

Все тетрапиррольные макрогетероциклы являются амфотерными, увеличение кислотности (уменьшение рН) микроокружения приводит к протонированию иминных атомов азота пирролениновых колец, а при уменьшении кислотности (увеличении рН) диссоциируют протоны аминогрупп пиррольных колец. Реакционные центры в ядре молекулы порфирина попарно одинаковы, однако взаимодействие между ними приводит к тому, что в общем случае протонирование представляет собой двухстадийный процесс. Высокая конформационная подвижность макроцикла приводит к непланарным искажениям макроцикла седлообразного типа при присоединении первого протона. Следовательно, второй протон взаимодействует с пирролениновым кольцом, которое повернуто под углом φ к средней плоскости макроцикла. В этом случае формирование дважды протонированной формы следует описывать с помощью произведения нескольких функций переменной x : $S = f_1(x)f_2(x)$. Функции $f_1(x)$ и $f_2(x)$ являются функциями одного вида, но не одинаковыми, поскольку между двумя центрами имеется взаимодействие. В зависимости от строения молекулы соотношение значений функций $f_1(x)$ и $f_2(x)$ может существенно отличаться. В случае большого различия (низкая кооперативность реакционных центров) происходит последовательное формирование моно- и дважды протонированных форм, а в случае малого различия (высокая кооперативность) происходит практически одновременное присоединение двух протонов и формирование дважды протонированной формы. Различная кооперативность связывания протонов должна быть учтена посредством введения параметрической зависимости в функции $f_1(x)$ и $f_2(x)$, которые трансформируются, таким образом, в функции $f_1(x, n_1) = f(x)n_1$ и $f_2(x, n_2) = f(x)n_2$, где n_i – функция кооперативности. Функция кооперативности взаимодействия n_i в явном виде не может быть описана однопараметрической зависимостью, поскольку константа скорости связывания протонов зависит от нескольких факторов. Необходимо учесть, что периферические заместители оказывают существенное влияние на распределение электронной плотности в макроцикле. В соответствии с характером распределения электронной плотности на молекулярных орбиталях макрогетероцикла донорно-акцепторные характеристики заместителей C_m -положениях макроцикла будут определять сродство атомов азота пиррольных колец к протонам в основном электронном S_0 состоянии, что подтверждается однозначными корреляционными зависимостями констант Гаммета периферических заместителей и кон-

стант основности pK [2]. Следовательно, функция кооперативности n должна включать в качестве аргументов либо сами константы Гаммета (индуктивную σ_1 и резонансную σ_R) периферических заместителей, либо некоторую величину, характеризующую электронные эффекты заместителей. Функциональная взаимосвязь реакционных центров макроцикла и заместителей по аналогии с фермент-субстратными системами может быть определена как аллостерическое взаимодействие.

Известно, что для преодоления кулоновского отталкивания протонов в макроциклическом ядре при образовании дважды протонированной формы порфирина достаточно, чтобы угол седлообразности φ составил $10-15^\circ$. Однако на самом деле угол седлообразности варьируется в широких пределах и для некоторых производных порфиринов образование дважды протонированной формы сопровождается формированием седлообразного конформера с углом φ , превышающим 30° . При этом максимальная амплитуда седлообразных искажений обнаружена для молекул, у которых в S_m -положениях макроцикла присоединены арильные фрагменты. Степень неплоских искажений макроцикла и степень копланарности макроцикла и арильных заместителей, присоединенных в S_m -положениях макроцикла, взаимосвязаны [2]. Синергизм наклона пиррольных колец (угол φ) и поворота арильных групп относительно средней плоскости макроцикла (угол θ) при образовании дважды протонированных форм 5,10,215,20-арилзамещенных порфиринов приводит к формированию седлообразного конформера, с максимальным углом наклона пиррольных колец φ . К вышесказанному следует добавить, что электронная коммуникация между ароматическим заместителем и макроциклом изменяется при изменении двугранного угла θ при между их плоскостями [3]. Поэтому взаимная ориентация макроцикла и заместителей является фактором, модулирующим электронную коммуникацию между ними. Очевидно, что структурные параметры φ и θ должны быть учтены в функциях $f_1(x)$ и $f_2(x)$.

В случае свободных оснований корролов неплоская конформация тетрапиррольного макроцикла обуславливает различную реакционную способность отдельных пиррольных колец и приводит к необходимости назначения собственной функции $f(x)$ для описания протонирования каждого из них. Состояние с тремя протонами в ядре макроцикла является неустойчивым и обуславливает выраженные кислотные свойства свободных оснований корролов: один из трех протонов в ядре макроцикла коррола может относительно легко диссоциировать в полярных апротонных растворителях [4], причем корреляция между смещением кислотно-основного равновесия в ядре макроцикла и каким-либо из эмпирических параметров, описывающих основность либо полярность растворителя, отсутствует. Очевидно, что требуется привлечение многопараметрической модели взаимодействий, причем должна быть учтена неустойчивость свободных оснований корролов, выражающуюся в стабилизации свободного основания в очень специфических условиях микроокружения, которая будет определяться взаимодействием каждого из пиррольных колец с молекулами раство-

рителя. Поскольку любая молекула растворителя обладает как основными, так и кислотными свойствами (способностью вступать в межмолекулярные взаимодействия выступая либо акцептором, либо донором протона в образовании водородной связи), то результат межмолекулярного взаимодействия при сольватации молекулами одного и того же растворителя будет существенно зависеть от структуры молекул. Депротонирование макроцикла коррола следует описать с помощью функции $g(x)$, тогда стабилизация свободного основания коррола будет определяться функцией, представляющей собой линейную комбинацию функций $f(x)$ и $g(x)$. Весовые коэффициенты в линейной комбинации двух функций будут определяться количеством пиррольных и пирролининовых колец, которые соотносятся как 3:1 (в нормированной форме 0,75:0,25), и функция состояния запишется в виде $S = 0,75f(x) + 0,25g(x)$. Если в качестве функций $f(x)$ и $g(x)$ использовать параметры Камлета-Тафта α и β , которые описывают способность растворителя донировать либо акцептировать протон для образования межмолекулярной водородной связи с растворенной молекулой, то выражение можно использовать для исследования обнаруженной ранее зависимости состояния ядра макроцикла корролов от природы растворителя [4].

Анализ экспериментальных результатов с помощью данной модели показал, что состояние ядра макроцикла действительно описывается предложенной многоцентровой моделью взаимодействий [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственной программы научных исследований Республики Беларусь «Конвергенция 2025» (подпрограмма «Междисциплинарные исследования и новые зарождающиеся технологии», задание шифр 3.03.10 (НИР 2)) и гранта Президента Республики Беларусь в сфере науки на 2023 год (научный руководитель – Крук Н. Н.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kruk, M. M. Molecular structure and conformation of free base corroles / M. M. Kruk, D. V. Klenitsky, W. Maes // *Macroheterocycles*. – 2019. – Vol. 12, Issue 1. – P. 58–67.
2. Rosa, A. Synergism of porphyrin-core saddling and twisting of *meso*-aryl substituents / A. Rosa, G. Ricciardi, E. J. Baerends // *J. Phys. Chem. A*. – 2006. – V. 110, № 15. – P. 5180–5190.
3. Крук, Н. Н. Строение и оптические свойства тетрапиррольных соединений / Н. Н. Крук. – Минск : БГТУ, 2019. – 216 с.
4. Solvent-Dependent Deprotonation of *meso*-Pyrimidinyl-corroles: Absorption and Fluorescence Studies / Kruk M. M. [et al.] // *Journal of Physical Chemistry, A*. – 2012. – Vol. 116, № 44. – P. 10704–10711.
5. Крук, Н. Н. Феноменология многоцентровых межмолекулярных взаимодействий в ядре макрогетероциклических соединений / Н. Н. Крук // *Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика*. – 2023. – № 2 (272). – С. 7–13.

СОЗДАНИЕ «УНИВЕРСАЛЬНОГО» АЛГОРИТМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ

И. М. Ольховская, Д. Э. Атрохов, С. А. Вабищевич

Учреждение образование «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой», г. Новополоцк, Витебская область, Республика Беларусь

Для улучшения качества преподавания технических дисциплин, таких как «материаловедение» и «физика твердого тела», нужно изучить потребности производств, в основе которых лежат указанные науки. Современная промышленность представляет собой сложный технологический процесс, на каждом этапе которого требуется контроль определенных параметров изделий.

Наиболее важной характеристикой является отсутствие дефектов, ввиду того, что при их наличии продукция не может отправиться потребителю. В зависимости от характера производства методы выявления дефектов отличаются. Для автоматизации определения дефектной продукции во всех сферах, кроме пищевой (если дело касается качества продукта питания) можно использовать видеокамеры. В случае работы с маленькими деталями камеру можно подключить к микроскопу. Видео, полученное с камеры, – это набор множества фотографий, обработкой которых занимается программное обеспечение (далее ПО) с определенным алгоритмом работы. Алгоритмы могут быть разработаны строго под один вид производства и быть «жесткими», или их можно адаптировать под определенные потребности, тогда они являются «гибкими», универсальными. Использование «адаптируемых» ПО в современной промышленности позволит соответствовать динамически развивающимся технологиям с возможностью в короткие сроки изменять направление развития без потери объемов производства.

Целью работы является создание «универсального» алгоритма с использованием компьютерного зрения на примере выявления дефектов с помощью анализа изображений с фигурами травления типа «дефекты упаковки» на поверхности кремния и анализа поврежденных деталей мебели.

Для обработки изображений используем язык программирования Python. В качестве модуля компьютерного зрения была выбрана библиотека OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – открытая библиотека для работы с алгоритмами компьютерного зрения, обработкой изображений и машинным обучением [1].

Алгоритм работы программы включает в себя следующие этапы:

- получение изображения;
- предварительная обработка (цветовая коррекция изображения);
- выделение контуров дефектов;
- определение характеристик дефектов;
- вывод результата обработки.

СЕКЦИЯ 3

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин

Фотографии, отправляемые в программу для обработки, относятся к растровому типу изображений, то есть состоят из сетки цветных пикселей. Пиксель – объект, характеризующийся определенной яркостью, цветом и прозрачностью [2].

Начальные изображения находятся в цветовом пространстве RGB. Это означает, что цветовоспроизведение происходит с использованием трёх цветов: красного, синего, зелёного. В случае, когда дефект «существенно» отличается от общего фона, тогда для удобства изображение переводят в серое цветовое пространство с помощью функции `cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)`. Это позволяет исключить нежелательные блики и тени. После, для того, чтобы убрать шумы, не затрагивая края объектов, настраиваем медианное сглаживание изображения с помощью функции `cv2.medianBlur`.

После предварительной обработки контуры дефектов на черно-белом изображении будут выделены белым цветом. Для дальнейшей работы с ними требуется их обвести (найти контуры выделенных фигур) с помощью функции `cv2.FindContours` [3].

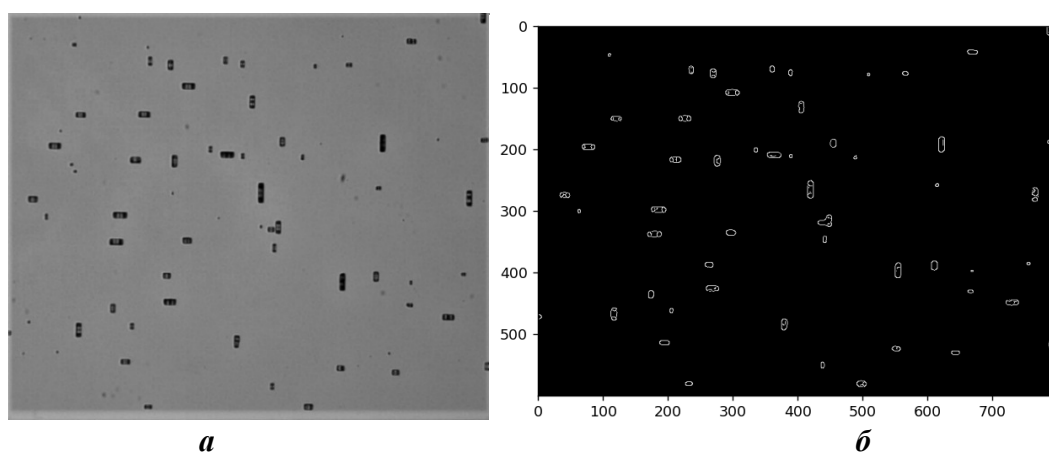


Рисунок 1 – а) входное цветное изображение с фигурами травления типа «дефекты упаковки» на поверхности кремния (увеличение $\times 20$); б) изображение после обработки «фильтром» с выделенными контурами дефектов «упаковки»

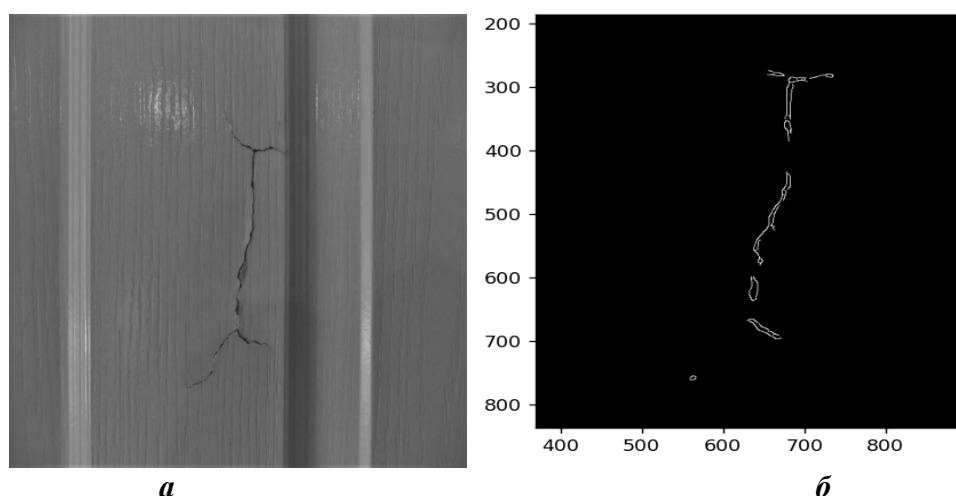


Рисунок 2 – а) входное цветное изображение дверцы тумбочки с дефектом поверхностного слоя; б) изображение после обработки «фильтром» с выделенными контурами дефекта

После полной обработки изображения и выделения контуров «дефектов» (рисунки 1 и 2) можно добавить дополнительные функции в зависимости от требуемых характеристик (нахождение площади, плотности дефектов). Например, для полупроводника можно найти площадь каждого дефекта, для дальнейшего анализа изменения структуры кристалла (cv2.contourArea – функция расчета площади). После соотношения реального размера изображения и количества пикселей можно перевести площадь из «компьютерных единиц» в систему СИ (пример представлен в таблице).

Таблица – Площади «дефектов упаковки», выраженные в пикселях и СИ

№	S, пкс	S, мкм ²	№	S, пкс	S, мкм ²	№	S, пкс	S, мкм ²
1	220.0	31.24	16	129.5	18.39	31	90.0	12.78
2	211.0	29.96	17	129.0	18.32	32	88.5	12.57
3	202.5	28.75	18	128.0	18.17	33	88.0	12.49
4	200.5	28.47	19	125.5	17.82	34	87.5	12.43
5	195.0	27.69	20	121.5	17.69	35	81.5	11.57
6	174.5	22.78	21	118.0	16.76	36	81.0	11.50
7	168.0	23.86	22	112.5	15.98	37	81.0	11.50
8	159.0	22.58	23	112.5	15.98	38	72.0	10.22
9	152.0	21.58	24	105.0	14.91	39	70.5	10.01
10	139.0	19.74	25	101.0	14.34	40	67.0	9.51
11	138.0	19.59	26	97.5	13.85	41	66.0	9.37
12	138.0	19.59	27	97.5	13.85	42	63.0	8.94
13	136.0	19.31	28	96.5	13.70	43	62.5	8.88
14	135.0	19.17	29	96.5	13.70	44	60.0	8.52
15	129.5	18.39	30	90.5	12.85	45	54.5	7.74

Рассмотренный выше алгоритм обработки изображения возможно применить не только в физическом материаловедении, но и в промышленном производстве, где необходима автоматизация поиска дефектов с помощью камеры. Компьютерное зрение позволит расширить возможности компьютерной дефектоскопии, повысит производительность производства продукции. Внедрение изучения обработки изображений при изучении дисциплин «материаловедение» и «физика твердого тела» повысит уровень подготовки учащихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. OpenCV [Электронный ресурс] / Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenCV>. – Дата доступа: 04.09.2023.
2. Пиксель [Электронный ресурс] / Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пиксель>. – Дата доступа: 04.09.2023.
3. Ольховская, И. М. Создание алгоритма для определения размеров и плотности дефектов с использованием технологии компьютерного зрения / И. М. Ольховская // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк : Полоцкий государственный университет, 2022. – Вып. 45 (115). Промышленность. – С. 58–60.

SU(4, 4) – СИММЕТРИЧНАЯ МОДЕЛЬ ГЕОМЕТРИЗОВАННОГО ОПИСАНИЯ ВНУТРЕННИХ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ ДИРАКОВСКИХ ЧАСТИЦ

В. А. Плетюхов, А. М. Кузьмич

Учреждение образования «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь

Требование релятивистской инвариантности законов природы применительно к теории элементарных частиц заставило задуматься о наличии у этих частиц внутренней степени свободы – спина. Наиболее известное уравнение, описывающее частицу со спином $\frac{1}{2}$, – уравнение Дирака. Оно послужило образцом построения теории для частиц с другими значениями спина. Данный подход получил название теория релятивистских волновых уравнений (РВУ). Однако в своём нынешнем состоянии теория РВУ способна предложить модели, включающие не только спин, но и другие (изоспиновые) степени свободы элементарных частиц [1]. Например, в работе [2] описано SU(6, 6) – симметричное обобщение поля Дирака-Кэлера [3], подходящее для описания поколений кварков. Полевое описание элементарных частиц посредством РВУ первого порядка базируется на теории представлений группы Лоренца – группы унимодулярных ортогональных преобразований SO(3,1) в псевдоевклидовом пространстве размерности 3+1. При этом одно из основных требований, вытекающих из постулатов специальной теории относительности, заключается в том, что волновая функция указанных РВУ должна преобразовываться по некоторому приводимому представлению группы Лоренца, которое состоит из зацепляющихся неприводимых представлений этой группы.

Рассмотрим SU(4, 4) – симметричную систему тензорных уравнений, содержащую 32 компоненты. Запишем явный вид этой системы:

$$\begin{aligned}
 & \partial_\nu \psi_{\nu[\alpha\beta]} + \varkappa \psi_{[\alpha\beta]} = 0, \\
 & \frac{1}{2} (-\partial_\mu \psi_{\nu[\alpha\beta]} + \partial_\nu \psi_{\mu[\alpha\beta]} - \partial_\alpha \psi_{\beta[\mu\nu]} + \partial_\beta \psi_{\alpha[\mu\nu]} + \\
 & + i\varepsilon_{\mu\nu\eta\xi} \partial_\eta \psi_{\xi[\alpha\beta]} + i\varepsilon_{\alpha\beta\eta\xi} \partial_\eta \psi_{\xi[\mu\nu]}) + \varkappa \psi_{([\mu\nu][\alpha\beta])} = 0, \\
 & \partial_\nu \psi_{([\mu\nu][\alpha\beta])} + \frac{1}{2} (\partial_\beta \psi_{[\alpha\mu]} - \partial_\alpha \psi_{[\beta\mu]} + \delta_{\mu\alpha} \partial_\nu \psi_{[\nu\beta]} - \\
 & - \delta_{\mu\beta} \partial_\nu \psi_{[\nu\alpha]}) + i\varepsilon_{\alpha\beta\eta\nu} \partial_\eta \psi_{[\nu\mu]} + \varkappa \psi_{\mu[\alpha\beta]} = 0, \\
 & \partial_\nu \check{\psi}_{\nu[\alpha\beta]} + \varkappa \check{\psi}_{[\alpha\beta]} = 0, \\
 & \frac{1}{2} (-\partial_\mu \check{\psi}_{\nu[\alpha\beta]} + \partial_\nu \check{\psi}_{\mu[\alpha\beta]} - \partial_\alpha \check{\psi}_{\beta[\mu\nu]} + \partial_\beta \check{\psi}_{\alpha[\mu\nu]} - \\
 & - i\varepsilon_{\mu\nu\eta\xi} \partial_\eta \check{\psi}_{\xi[\alpha\beta]} - i\varepsilon_{\alpha\beta\eta\xi} \partial_\eta \check{\psi}_{\xi[\mu\nu]}) + \varkappa \check{\psi}_{([\mu\nu][\alpha\beta])} = 0, \\
 & \partial_\nu \check{\psi}_{([\mu\nu][\alpha\beta])} + \frac{1}{2} (\partial_\beta \check{\psi}_{[\alpha\mu]} - \partial_\alpha \check{\psi}_{[\beta\mu]} + \delta_{\mu\alpha} \partial_\nu \check{\psi}_{[\nu\beta]} - \\
 & - \delta_{\mu\beta} \partial_\nu \check{\psi}_{[\nu\alpha]}) - i\varepsilon_{\alpha\beta\eta\nu} \partial_\eta \check{\psi}_{[\nu\mu]} + \varkappa \check{\psi}_{\mu[\alpha\beta]} = 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь тензоры $\psi_{[\mu\nu]}, \check{\psi}_{[\mu\nu]}, \psi_{\lambda[\mu\nu]}, \check{\psi}_{\lambda[\mu\nu]}, \psi_{\alpha}, \psi_{[\mu\nu][\alpha\beta]}, \psi_{([\mu\nu][\alpha\beta])}, \psi_{([\mu\nu][\alpha\beta])}$ сопоставляются представлениям $(0, 1), (1, 0), (1/2, 3/2), (3/2, 1/2), (1/2, 1/2), (1, 1), (0, 2)$ и $(2, 0)$ соответственно.

Согласно теории РВУ с помощью этой системы можно описать микрообъекты с набором спинов $S = 1, 2$. Но благодаря внутренней $SU(4, 4)$ симметрии можно дать и иную трактовку. Из того факта, что преобразования Q группы внутренней симметрии образует полупрямое произведение с Лоренцевской симметрией системы (1), вытекает возможность двоякого разложения алгебры A_R группы R полной инвариантности теории:

$$A_R = \{J_{\mu\nu}\} \oplus (\{d_{\mu}\} \oplus \{Q\}), \quad (2)$$

$$A_R = (\{\check{J}_{\mu\nu}\} \oplus \{d_{\mu}\}) \oplus \{Q\}. \quad (3)$$

Здесь $J_{\mu\nu}$ – инфинитезимальные операторы группы Лоренца Λ , d_{μ} – генераторы пространственно-временных трансляций, $\check{J}_{\mu\nu} = J_{\mu\nu} - Q_{\mu\nu}$, символ \oplus означает полупрямую сумму.

Из разложения (3) вытекает, что группу полной инвариантности лагранжиана теории можно представить в виде прямого произведения $\Lambda' \otimes Q$, где Λ' – «переопределенная» группа Лоренца, по отношению к которой волновая функция Ψ характеризует уже не совокупность тензорных величин, а набор четырех дираковских полей с обычной, то есть коммутирующей с преобразованиями группы Лоренца, внутренней симметрией.

Приведенные соображения сохраняют силу для всех взаимодействий (в том числе калибровочных), не нарушающих внутреннюю симметрию свободного лагранжиана. Они означают принципиальную применимость уравнения Дирака-Кэлера для описания частиц со спином $S = 1/2$ и внутренними степенями свободы, имеющими, таким образом, геометрическое происхождение. Наборы тензорных полей, подчиняющихся уравнениям (1), могут рассматриваться в качестве геометрического аналога фермионного поля с внутренними степенями свободы.

На квантовом уровне установлена возможность корректного квантования системы (1) по статистике Ферми-Дирака [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плетюхов, В. А. Релятивистские волновые уравнения и внутренние степени свободы / В. А. Плетюхов, В. М. Редьков, В. И. Стражев. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 326 с.
2. Кузьмич, А. М. Описание внутренних степеней свободы дираковских частиц посредством тензорных полей / А. М. Кузьмич, В. А. Плетюхов // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Сер. 4. Фізіка. Матэматыка. – 2022. – № 1. – С. 29–41.
3. Benn, I. M. A generalization model, based on Kahler fermions / I. M. Benn, R. W. Tucker // Phys. Lett. B. – 1982. – Vol. 119, № 4–6. – P. 348–350.

КИНЕТИКА КАТИОННОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ПОДРЕШЕТКАМ ФЕРРИТОВ-ШПИНЕЛЕЙ В МЕТОДЕ КЛАСТЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Н. В. Пушкарев

*Учреждение образования «Международный государственный
экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного
университета, г. Минск, Республика Беларусь*

Существование таких эмпирических зависимостей, как правила Вегарда, Ретгерса, Неймана-Коппа и другие, основанных на законе аддитивности физических свойств твердых растворов, дало возможность разработать метод кластерных компонентов (МКК), в основе которого лежит предположение и том, что во многокомпонентной системе можно выделить такие образования – кластерные компоненты (кристаллические квазичастицы), поведение которых позволяет судить о свойствах всей системы [1]. Тогда, исходя из таких предпосылок, какое-либо свойство f сложной системы можно представить в виде аддитивной величины, определяющейся свойствами кластеров (кластерных компонентов)

$$f = \sum_i \alpha_i f_i, \quad (1)$$

где f_i – свойство f кластерного компонента i ; α_i – концентрация i -го компонента в системе, а $\sum_i \alpha_i = 1$.

Этот метод хорошо себя зарекомендовал при описании концентрационных зависимостей свойств различных классов ферритов. В частности, результаты количественной оценки с помощью МКК степени обращенности λ ферритов-шпинелей, во многом определяющей магнитные свойства этого класса материалов, в зависимости от состава хорошо коррелируют с аналогичными, полученными другими методами. А поскольку параметр λ многих шпинелей зависит не только от состава, но и от их термической предыстории, представляется важным, с позиций прогнозирования материалов с наперед заданными свойствами, отслеживание его поведения во времени и при различных температурах термообработки. Постановка задачи в таком виде повышает требование к точности определения этого параметра. Ориентируясь на успех МКК в описании свойств многокомпонентных систем, есть основание ожидать, что этот метод в состоянии удовлетворить предъявляемые экспериментом требования и к его точности. Проверку таких ожиданий можно осуществить, применив МКК к шпинелям, параметр λ которых чувствителен к термической предыстории и претерпевает в ней существенные изменения. Прогнозируемые новые возможности МКК были опробованы нами при изучении кинетики степени обращенности на феррите магния $MgFe_2O_4$, способного в больших пределах изменять параметр катионного распределения λ в зависимости от температуры и времени изотермического отжига.

Пользуясь принятой методикой, распределение катионов по подрешеткам исследуемого феррита символически записывается в виде $Mg_{1-\lambda}^{2+}Fe_{\lambda}^{3+} [Mg_{\lambda}^{2+}Fe_{2-\lambda}^{3+}]O_4^{2-}$. Соответствующая ему матрица раствора имеет вид:

$$A = \begin{pmatrix} 1-\lambda & \lambda \\ \lambda & 2-\lambda \end{pmatrix}, \quad (2)$$

в которой первый столбец соответствует распределению Mg^{2+} по подрешеткам шпинельной структуры, второй – Fe^{3+} .

Разложив общую матрицу раствора (2) на элементарные матрицы кластерных компонентов (ЭМКК), получим однозначное представление твердого раствора в виде

$$\begin{pmatrix} 1-\lambda & \lambda \\ \lambda & 2-\lambda \end{pmatrix} = \alpha_1 \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix} + \alpha_2 \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где $\alpha_1 = 1-\lambda$; $\alpha_2 = \lambda$; $A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$; $A_2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ – ЭМКК, представляющие собой следующие кластерные компоненты: $Mg^{2+} [Fe_2^{3+}]O_4^{2-}$; $Fe^{3+} [Mg^{2+}Fe^{3+}]O_4^{2-}$.

Таким образом, согласно (1) свойство f рассматриваемой системы через свойства f_i кластерных компонентов запишется в виде:

$$f(\lambda) = (1-\lambda)f_{Mg^{2+}[Fe_2^{3+}]O_4^{2-}} + \lambda f_{Fe^{3+}[Mg^{2+}Fe^{3+}]O_4^{2-}}. \quad (4)$$

В качестве $f(\lambda)$ могут выступать параметр решетки, кислородный параметр, магнитный момент, структурная амплитуда, температура Кюри и другие характеристики, удовлетворяющие условию (1).

Для того чтобы воспользоваться соотношением (4), необходимо знать свойства f_i кластерных компонентов. Для рассматриваемой в настоящей работе системы наиболее удобно выбрать в качестве свойства f параметр кристаллической решетки a , так как, во-первых, он в основном зависит от катионного распределения по подрешеткам, во-вторых, его с достаточно высокой точностью можно экспериментально определить и, в-третьих, параметры решеток кластерных компонентов, описывающих исследуемый твердый раствор, известны.

Таким образом, выражение

$$a(\lambda) = (1-\lambda)a_{Mg^{2+}[Fe_2^{3+}]O_4^{2-}} + \lambda a_{Fe^{3+}[Mg^{2+}Fe^{3+}]O_4^{2-}}, \quad (5)$$

где $a_{Mg^{2+}[Fe_2^{3+}]O_4^{2-}} = 0,8470 \text{ нм}$; $a_{Fe^{3+}[Mg^{2+}Fe^{3+}]O_4^{2-}} = 0,8320 \text{ нм}$ – параметры решеток кластерных компонентов, можно использовать для изучения катионного распределения.

Для проведения указанных исследований образцы феррита магния были приготовлены по керамической технологии: феррит магния подвергался предварительному спеканию при 1520 К в течение четырех часов, затем – окончательному, также четырехчасовому, отжигу при 1370 К и закаливался в воде

СЕКЦИЯ 3

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин комнатной температуры. Закаленные образцы отжигались изотермически при более низкой температуре 880 К с различными временами выдержки и снова закаливались в воде.

Выбор окончательной температуры изотермического отжига для магниевого феррита определялся возможностью сравнения наших результатов по кинетике степени обращенности в магневом феррите с литературными [2], полученными из магнитных измерений с привлечением модели Нееля.

Период идентичности кристаллической решетки по причине соблюдения требований к точности эксперимента определялся по положению центра тяжести брэгговских рефлексов hkl , что позволило уменьшить ошибки, возникающие из-за их уширения и асимметрии. Параметр решетки рассчитывался по

формуле $a = \frac{\lambda_{cp}}{2 \sin \Theta_{ц.м.}} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$ для кубической системы, где длина волны

рентгеновского излучения принималась как средняя между $\lambda_{K\alpha_1}$ и $\lambda_{K\alpha_2}$, ко-

бальтового излучения $\lambda_{cp} = \frac{2\lambda_{K\alpha_1} + \lambda_{K\alpha_2}}{3}$, $\Theta_{ц.м.}$ – положение центра тяжести рефлекса hkl .

Как известно, точность определения параметра решетки зависит от точности определения угла дифракции и увеличивается с его возрастанием. Для определения параметра решетки $Mg_{1-\lambda}^{2+}Fe_{\lambda}^{3+} [Mg_{\lambda}^{2+}Fe_{2-\lambda}^{3+}]O_4^{2-}$ были выбраны линии 555, 751 и 840, лежащие в области углов Θ , позволяющих провести прецизионные изме-

рения. Центр тяжести определялся по общепринятой формуле $\Theta_{ц.м.} = \frac{\int_{\Theta_1}^{\Theta_2} \Theta J(\Theta) d\Theta}{\int_{\Theta_1}^{\Theta_2} J(\Theta) d\Theta}$,

где $J(\Theta)$ – интенсивность при угле дифракции Θ .

На практике применение этой формулы сводилось к разбиению профиля линии на n частей и расположению этих частей вдоль оси x с соответствующими координатами x_i . Тогда положение центра тяжести брэгговского рефлекса определится из $2\Theta_{ц.м.} = 2\Theta_{x=0} + x_{ц.м.} \frac{\Theta_2 - \Theta_1}{n-1}$, где Θ_1 и Θ_2 – значения углов дифракции, соответствующих началу и концу измерений профиля линии; $\Theta_{x=0}$ – значе-

ние угла дифракции в максимуме рефлекса; $x_{ц.м.} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i J(x_i) \Delta x_i}{\sum_{i=1}^n J(x_i) \Delta x_i}$. Измерение про-

филя линии проводилось поточечным сканированием с шагом $\Delta 2\Theta = 0,01^\circ$ по постоянному числу импульсов. Погрешность в определении центра тяжести

рассчитывалась по формуле $\Delta 2\Theta_{ц.м.} = \frac{J_\phi}{J_n} \frac{\sigma(J_\phi)}{\sqrt{2}} \sqrt{\left(\frac{nh}{6}\right)^2 + \varepsilon^2}$, где J_n и J_ϕ – интен-

СЕКЦИЯ 3

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин сивности дифракционной линии и фона соответственно; $\sigma(J_\phi)$ – погрешность в определении интенсивности фона; n – число перемещений счетчика в измеряемом интервале; h – шаг счетчика; $\varepsilon = 2\Theta_{ц.м.} - 2\Theta_{1/2}$ – разность между серединой промеряемого интервала и положением центра тяжести.

Оценка погрешности в определении положения центра тяжести показала, что величина $\Delta 2\Theta_{ц.м.} = \pm 0,01^\circ$, что соответствует относительной погрешности в определении параметра решетки $\frac{\Delta a}{a} \cong \pm 5 \cdot 10^{-4}$ или $\pm 0,05\%$. Учитывая, что для $MgFe_2O_4$ $a \sim 8,400 \text{ нм}$, $\Delta a \sim \pm 0,0001 \text{ нм}$. Тогда можно ожидать, что по причине присутствия неучтенного вюстита (FeO) абсолютная погрешность $\Delta \lambda \leq \pm 0,01$.

Полученная с помощью (3) кинетическая кривая представлена на рисунке, из которого видно, что результаты хорошо согласуются с аналогичными из работы (2), рассчитанными из намагниченности насыщения по модели Нееля.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что МКК может быть использован не только для количественной оценки распределения катионов по подрешеткам ферритов-шпинелей, но и для отслеживания его кинетических изменений.

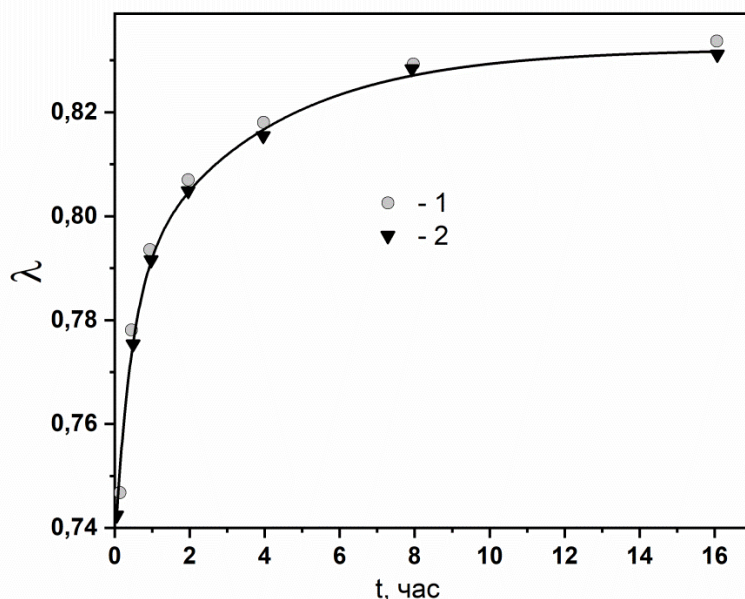


Рисунок – Зависимость степени обращенности от продолжительности изотермического отжига феррита магния при 880 К (1 – полученные с помощью МКК из соотношения (5); 2 – литературные данные [2])

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Состав – дефектность – свойство твердых фаз. Метод кластерных компонентов / А. Н. Мень [и др.] ; под ред. Г. И. Чуфарова. – М. : Наука, 1977. – 248 с.
2. Epstein, D. J. Some properties of Quenched Magnesium Ferrites / D. J. Epstein, B. Frackiewicz // Journal of Applied Physics. – 1958. – V. 29, № 3. – P. 376–377.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИСУТСТВИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ГОРОДАХ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. Самсонович, А. В. Чикалко, Е. С. Боровкова

*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой», г. Новополоцк, Витебская область,
Республика Беларусь*

В данной статье представлены экспериментальные исследования измерений активности радионуклидов в пробах почв, воды, растительности, полученных в четырех городах Витебской области: Витебск, Полоцк, Новополоцк и Браслав. На основе выявленных результатов с точки зрения радиологии исследованные территории можно считать экологически чистыми.

Введение. Радиационное загрязнение имеет разнообразные причины, включая эксперименты с ядерным оружием, ядерные взрывы, захоронение радиоактивных отходов, транспортировку ядерных материалов и добычу радиоактивных руд. Для Беларуси, однако, наиболее актуальной причиной является утечка радиоактивных компонентов в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году. Одним из основных радионуклидов, продуктов этой аварии, является цезий-137, содержание которого в почве подвергается постоянному мониторингу со стороны государства. Данные, предоставленные сайтами радиационного мониторинга окружающей среды за 2020 год [1], свидетельствуют о том, что Витебская область является территорией с низким уровнем радиационной нагрузки.

Впрочем, помимо цезия-137, некоторые другие радионуклиды также могут присутствовать в окружающей среде и оказывать влияние на радиационную обстановку. Например, стронций-90 является одним из наиболее распространенных радионуклидов, образующихся в результате ядерных испытаний и аварий на атомных электростанциях. Его долгоживущие изотопы обладают значительной радиоактивностью и могут накапливаться в тканях растений и животных.

Для того чтобы оценить «экологическую чистоту» Витебской области с точки зрения радиологии, проведено ряд экспериментальных исследований. Методы анализа включали измерения радиационного фона, определение содержания радиоактивных нуклидов в почве, воздухе и воде, а также мониторинг воздействия радиации на биологические объекты. Полученные результаты свидетельствуют о том, что Витебская область в целом обладает низким уровнем радиационной нагрузки, что указывает на её относительную экологическую исправность в радиологическом аспекте.

Для проведения исследования были собраны пробы почвы, воды и растительности из различных районов Витебской области. Некоторые из этих образцов были взяты на земельном участке в деревне Струсто, расположенной в Браславском районе. Другие образцы были собраны на берегу реки Западная Двина в городе Полоцке, в лесном массиве рядом с Полоцким государственным университетом имени Евфросинии Полоцкой, расположенном в городе Новополоцке, а также на одном из земельных участков в городе Витебске.

Исследования проходили с помощью радиометрического оборудования МКС-АТ1315. МКС-АТ1315 – это гамма-бета-спектрометр, который комбинирует в себе спектрометрические и радиометрические возможности для измерения смешанного гамма-бета-излучения. Этот прибор предназначен для качественного и количественного анализа гамма-бета-излучения и радиометрического анализа проб объектов окружающей среды различной консистенции, таких как продукты питания, питьевая вода, сельскохозяйственная продукция, сырье и т. д., с целью определения содержания гамма-бета-излучающих радионуклидов. Данный спектрометр обеспечивает регистрацию гамма-излучения в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ и бета-излучения в диапазоне граничных энергий от 150 до 3500 кэВ [2].

По полученным экспериментальным данным, определено присутствие ряда радионуклидов в образцах. Калия-40 в природе особенно много, что мы можем наблюдать после систематизации данных. Также стоит отметить, что в листьях клена его наибольшее количество, что, как мы предполагаем, связано с немаленькой площадью поверхности листа, сопутствующей попаданию радионуклидов из атмосферы, и сильным обменом влаги между корнями и листвой у деревьев, что помогает радиоактивным веществам мигрировать в растение из почвы.

Определив присутствие радионуклидов, нашей задачей являлось понять, насколько велика опасность для жизнедеятельности, исходящая от них. Удельная эффективная активность – искусственный интегральный параметр, который вычисляется по формуле [3]:

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1.31A_{Th} + 0.085A_K, \quad (1)$$

где A_{Ra} , A_{Th} , A_K – удельные активности радия, тория и калия соответственно, (Бк/кг), (рисунок 1).

Максимальное значение удельной эффективной активности ($A_{эфф.м}$), по которому присваивается класс по радиационной безопасности с определением области применения, рассчитывается по формуле [3]:

$$A_{эфф.м} = A_{эфф} + \Delta, \quad (2)$$

где $A_{эфф}$ – удельная эффективная активность (Бк/кг), Δ – абсолютная погрешность $A_{эфф}$.

Погрешность высчитывается по формуле [3]:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{Ra}^2 + 1,7 \cdot \Delta_{Th}^2 + 0,007 \cdot \Delta_K^2}, \quad (3)$$

где Δ_{Ra}^2 , Δ_{Th}^2 , Δ_K^2 – абсолютные погрешности измерений удельных активностей радия-226, тория-232 и калия-40 соответственно. Как и в случае с удельной эффективной активностью, прибор в автоматическом режиме представлял эти значения.

На рисунке 2 представлена диаграмма максимальной удельной эффективной активности исследуемых образцов.

СЕКЦИЯ 3

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин

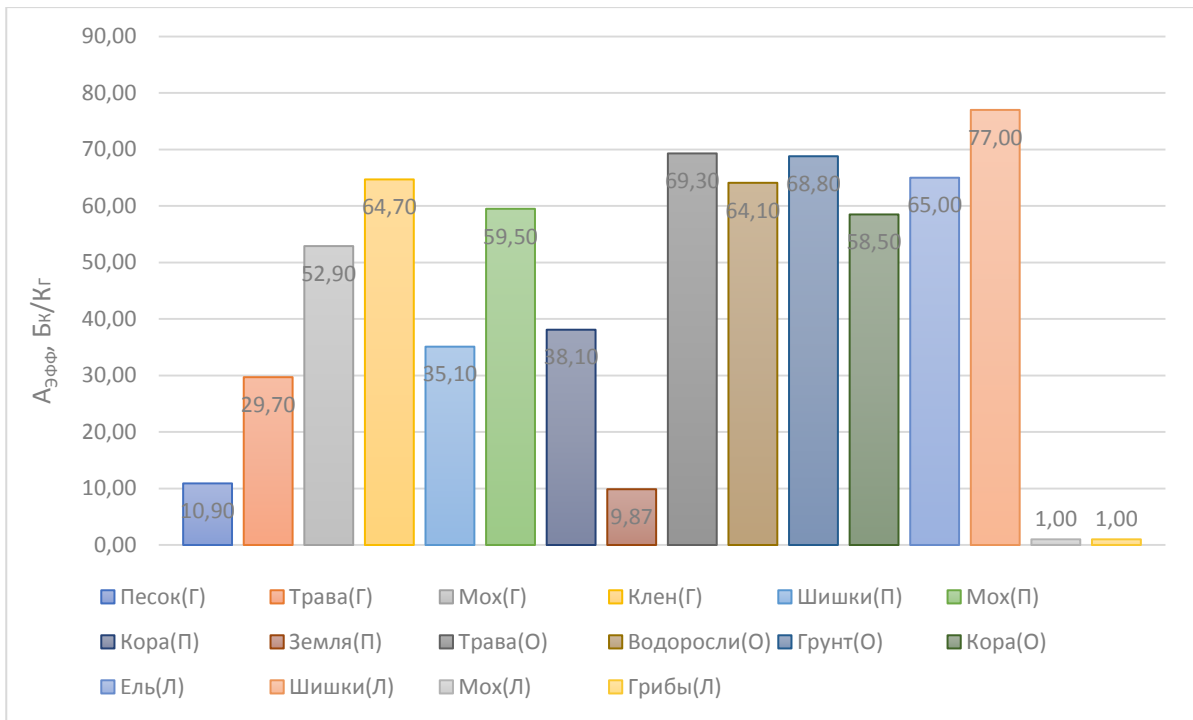


Рисунок 1 – Сравнительный анализ удельной эффективной активности
Г – город, О – озеро, П – поле, Л – лес

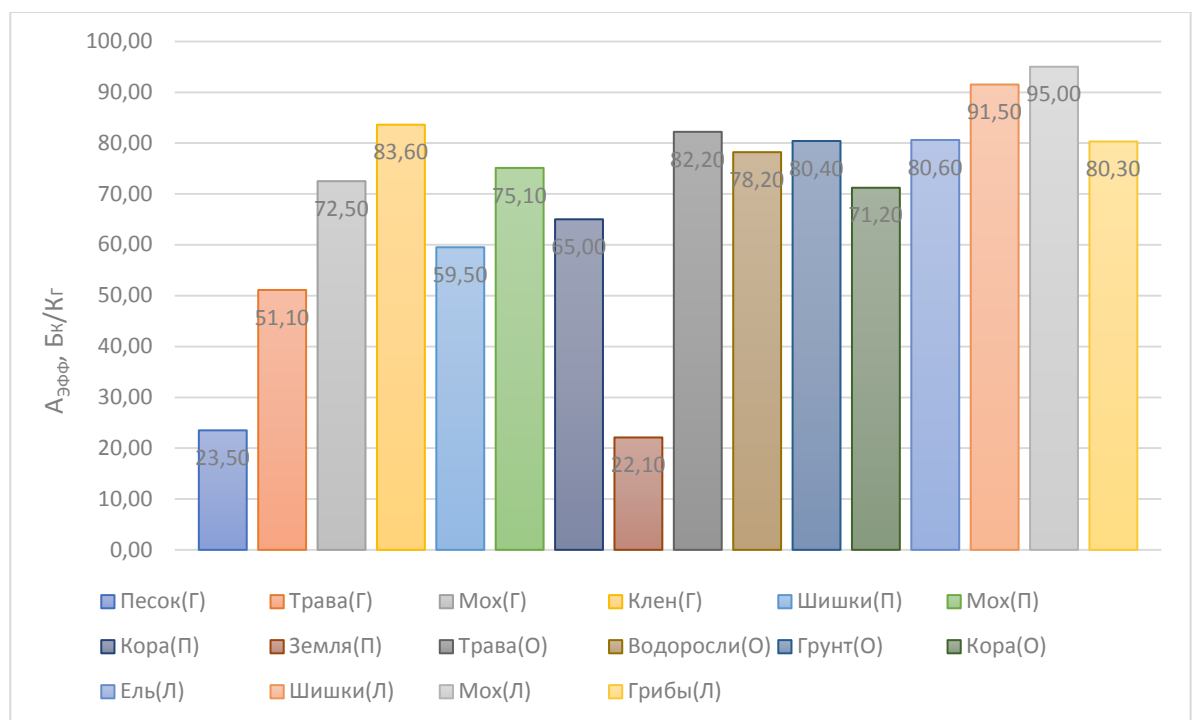


Рисунок 2 – Сравнительный анализ максимальной удельной эффективной активности
Г – город, О – озеро, П – поле, Л – лес

В ходе исследования мы определили присутствие радионуклидов в представленных образцах, а также максимальное значение удельной эффективной активности ($A_{эфф.М}$) и сделали вывод о безопасности каждого образца. В будущем работу можно расширить, взяв вместо природных образцов строительные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Министерство чрезвычайных ситуаций Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chernobyl.mchs.gov.by/kontrol-radioaktivnogo-zagryazneniya/>. – Дата доступа: 02.09.2023.
2. Акцепт. Испытательная лаборатория, сертификационный центр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://accept-lab.ru/opredelenie-udelnoj-effektivnoj-aktivnosti-radionuklidov/>. – Дата доступа: 28.08.2023.
3. Войцицкий, И. В. Активность Sr-90 и Cs-137 в почвах Курганской области / И. В. Войцицкий // Молодой ученый Международный научный журнал. – 2020. – № 2 (292). – С. 344–346.
4. Игнатов, П. А. Радиогеоэкология и проблемы радиационной безопасности : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / П. А. Игнатов, А. А. Верчеба. – Волгоград : Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. – 256 с.
5. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник для вузов / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 384 с.
6. Маргулис, У. Я. Радиационная безопасность. Принципы и средства ее обеспечения / У. Я. Маргулис, Ю. И. Брегадзе, К. Н. Нурлыбаев. – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2010. – 320 с.
7. Аппаратура и новости радиационных измерений (АНРИ) / под ред. А. Н. Мартынюк. – 2011. – № 2 (65). – М. : НПП "Доза", 2011. – 71 с.

ФАКТОР ОПТИЧЕСКОГО ОГРАНИЧЕНИЯ И ДАЛЬНЕЕ ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР С КВАНТОВЫМИ ЯМАМИ AlGaN

Н. П. Тарасюк

Учреждение образование «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

Гетероструктуры на основе AlGaN перспективны для создания высокоэффективных источников излучения в ультрафиолетовой области спектра. Возможность изменения ширины запрещенной зоны гетероструктур AlGaN от 3.4 до 6.1 эВ [1] позволит создавать оптоэлектронные приборы, работающие в широком диапазоне длин волн ультрафиолетовой области спектра от 365 до 210 нм. Увеличение фактора оптического ограничения позволит понизить порог генерации оптически накачиваемых лазеров [2, 3] и осуществить развернутые исследования лазерных параметров гетероструктур, что важно для оптимизации ростовых параметров и создание эффективных ультрафиолетовых лазеров. Для эффективного применения полупроводниковых лазеров необходимо знание распределения излучения в дальней зоне. От излучения лазера в дальней зоне зависит способ ввода излучения в оптическое волокно.

В данной работе проводится оптимизация по фактору оптического ограничения толщин волноводных слоев гетероструктур с активной областью, содер-

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин жащей одну, три и пять квантовых ям AlGa_N. Рассчитана полуширина лазерного излучения в дальней зоне для данных гетероструктур.

Для моделирования фактора оптического ограничения гетероструктур была использована модель одномерной планарной структуры.

Вычисления фактора оптического ограничения были проведены в приближении плоских волн для ТЕ поляризации излучения [4, 5]. Напряженность электрического поля в j -ом слое структуры представляется в виде:

$$\varepsilon_{y,j}(x, z, t) = \varepsilon_{y,j}(x) \exp[i(\omega t - \beta z)]. \quad (1)$$

Амплитуда напряженности электрического поля $\varepsilon_{y,j}(x)$ удовлетворяет волновому уравнению:

$$\frac{\partial^2 \varepsilon_{y,j}(x)}{\partial x^2} - (\beta^2 - k_0^2 \tilde{n}_j^2) \varepsilon_{y,j}(x) = 0, \quad (2)$$

где β – проекция волнового вектора k_0 на плоскость гетероструктуры, \tilde{n}_j – комплексный показатель преломления j -го слоя.

Для нахождения β использовался алгоритм скоростного спуска [4].

Фактор оптического ограничения вычислялся по формуле [6, 7]:

$$\Gamma = \frac{\sum_{i=1}^N \int_{x_{ai}}^{x_{bi}} E_y^2(x) dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} E_y^2(x) dx}, \quad (3)$$

где интегрирование в числителе происходит по координатам квантовых ям AlGa_N.

В дальней зоне отношение интенсивности излучения, распространяющегося в направлении, определяемом углом θ , к интенсивности излучения в направлении $\theta=0$, равно [8]:

$$\frac{I(\theta)}{I(0)} = \frac{|E(\theta)|^2}{|E(0)|^2} = \frac{K^2(\theta) \left| \int_{-\infty}^{\infty} E_y(x, 0) e^{ik_0 x \sin(\theta)} dx \right|^2}{K^2(0) \left| \int_{-\infty}^{\infty} E_y(x, 0) dx \right|^2}, \quad \text{где } K(\theta) = \cos(\theta). \quad (4)$$

В качестве примера были выбраны гетероструктуры с активной областью, состоящей из одной, трех и пяти квантовых ям Al_xGa_{1-x}N шириной 1 нм с барьерами Al_yGa_{1-y}N шириной 10 нм, с характерными для MOVPE и MBE роста ширинами 1500 нм. Выбираем разность энергий запрещенных зон квантовых ям и волноводного слоя ΔE_g , равной 0,2 eV. Большая разница в концентрации алюминия обкладочного и волноводного слоя приводит к генерации дислокаций за счет рассогласования постоянных решеток этих слоев. Поэтому выбираем концентрации алюминия волноводного и обкладочного слоев соответственно 46 % и 57 %.

Расчет фактора оптического ограничения был выполнен для длины волны 300 нм. Результаты моделирования приведены на рисунках 1–3.

СЕКЦИЯ 3

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин

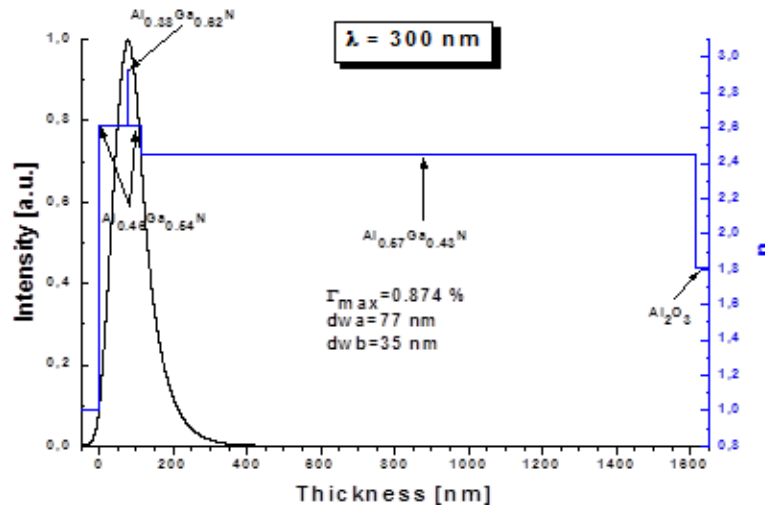


Рисунок 1 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 1 квантовую яму AlGaIn (d_{wa} и d_{wb} – толщина волноводных слоев соответственно слева и справа от квантовых ям)

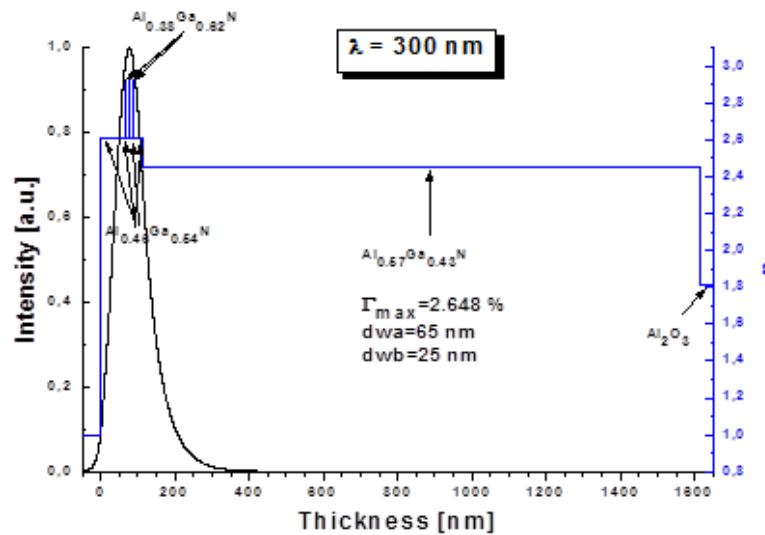


Рисунок 2 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 3 квантовых ям AlGaIn

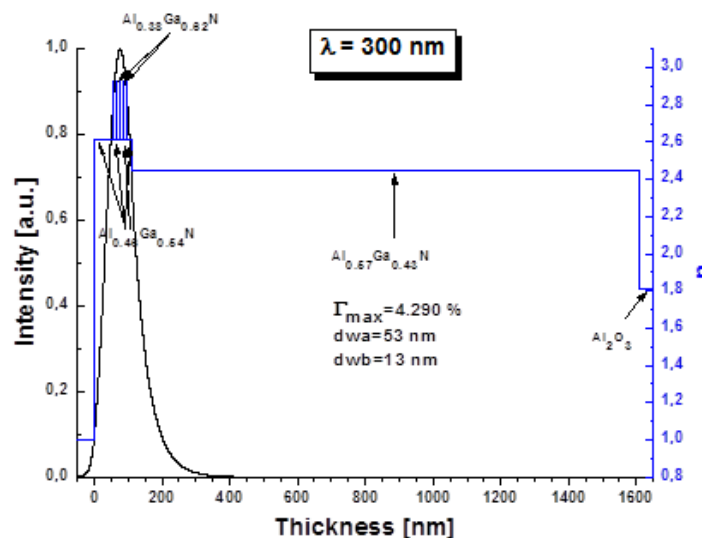


Рисунок 3 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям AlGaIn

Из рисунков 1–3 видно, что максимальное значение фактора оптического ограничения гетероструктур с одной, тремя и пятью квантовыми ямами AlGaIn соответственно равны 0.874 %, 2.648 % и 4.290 %. При этом толщина верхнего волноводного слоя меньше длины диффузии неравновесных носителей заряда, что позволяет использовать данные гетероструктуры для оптически накачиваемых лазеров.

Расчет распределения интенсивности в дальней зоне был выполнен для длины волны 300 нм. Результаты моделирования приведены на рисунке 4.

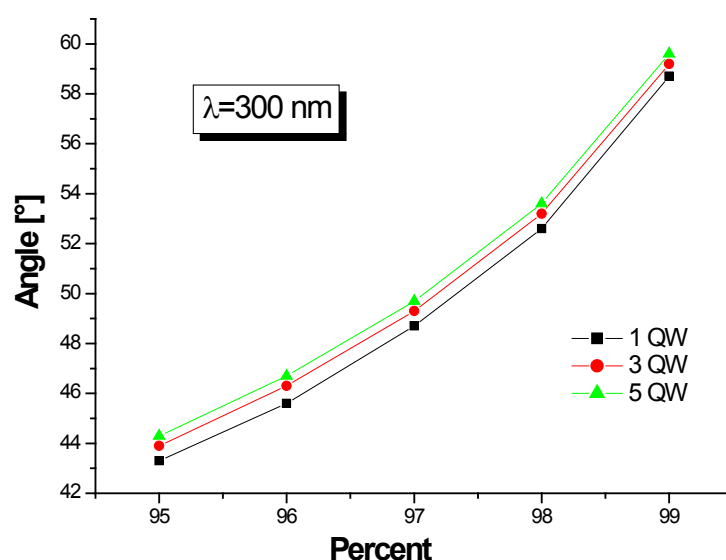


Рисунок 4 – Значения угла, при котором доля интенсивности изменяется от 95 до 99 % для гетероструктур, содержащих 1, 3 и 5 квантовых ям

Из рисунка 4 видно, что значения углов увеличиваются менее, чем на 1° с увеличением количества квантовых ям от 1 до 5.

Проведена оптимизация по фактору оптического ограничения толщин волноводных слоев гетероструктур с активной областью, содержащей одну, три и пять квантовых ям AlGaIn. Рассчитана полуширина лазерного излучения в дальней зоне для данных гетероструктур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Plasma-assisted molecular beam epitaxy of Al(Ga)N layers and quantum well structures for optically pumped mid-UV lasers on c-Al₂O₃ / S.V. Ivanov [et al.] // Semicond. Sci. Technol. – 2014. – Vol. 29, 084008.
2. Investigation of photoluminescence, stimulated emission, photorefectance and 2DEG properties of double heterojunction AlGaIn/GaN/AlGaIn HEMT heterostructures grown by ammonia MBE / E. V. Lutsenko [et al.] // Phys. Stat. Sol. A. V. 215 – 2018. – Iss. 9. 1700602.
3. Internal parameters and optical properties of green lasers with active region composed of multi-sheet electronically-coupled CdSe quantum dots / A. G. Vainilovich [et al.] // Phys. Stat. Sol. (c). – 2010. – Vol. 7, Iss. 6. – P. 1691–1693.

4. Bergmann, M. J. Optical-field calculations for lossy multiple-layer $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ laser diodes / M. J. Bergmann, Jr. H. C. Casey // J. Appl. Phys. – 1998. – Vol. 84, Iss. 3. – P. 1196–1203.
5. Калиткин, Н. Н. Численные методы / Н. Н. Калиткин. – Москва : Наука, 1978. – 512 с.
6. Адамс, М. Введение в теорию оптических волноводов / М. Адамс. – Москва : Мир, 1984. – 512 с.
7. Тарасюк, Н. П. Фактор оптического ограничения и пороговые условия генерации оптически накачиваемых полупроводниковых лазеров на квантоворазмерных структурах InGaN/GaN , выращенных на кремниевых подложках / Н. П. Тарасюк, А. А. Гладышук, Е. В. Луценко // Вестник БГТУ. Физика, математика, химия. – 2002. – № 5. – С. 8–13.
8. Casey, H. C. Heterostructure Lasers. Part A. / H. C. Casey, M. V. Panish // Quantum Electronics Principles and Applications. N. Y., – 1978.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

А. Р. Федорец, Н. В. Вабищевич

*Учреждение образование «Полоцкий государственный университет имени
Евфросинии Полоцкой», г. Новополоцк, Витебская область,
Республика Беларусь*

Актуальной проблемой современной термодинамики является задача поиска оптимальных методов анализа процессов теплообмена, широко распространенных в природе и технике. Как правило, параметры, характеризующие указанные процессы, находятся в сложной взаимозависимости и являются функциями многих переменных. Подобные проблемы описания физических процессов решаются применением методик численного либо компьютерного моделирования. Выбор оптимальной методики позволяет получать результаты с достаточной достоверностью и точностью. Цель настоящей работы состояла в анализе возможности применения метода разделения переменных для решения двумерных термодинамических задач теплопроводности.

Известно [1–3], что путем решения дифференциального уравнения теплопроводности, которое устанавливает связь между пространственным и временным изменением температуры, в общем случае, может быть определено температурное поле внутри тела:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\kappa}{\rho c} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad a = \frac{\kappa}{\rho c},$$

где a – физический параметр вещества, характеризующую скорость изменения температуры в нестационарных процессах, который был назван коэффициентом температуропроводности; κ – коэффициент теплопроводности; ρ – плотность; c – удельная теплоемкость [1].

Начальное условие для уравнения теплопроводности имеет вид:

$$T(x, y, z, 0) \equiv T|_{t=0} = f(x, y, z),$$

где $f(x, y, z)$ – заданная функция, определенная и непрерывная во всех точках тела [2].

Общий вид краевого условия, из которого могут быть получены выражения для краевых условий в более простых частных случаях [3]:

$$-k \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = h(T|_{\Gamma} - \bar{T}).$$

В настоящей работе была рассмотрена первая краевая задача для уравнения теплопроводности в двумерном случае для простейшей области – прямоугольника:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right), \quad 0 < x < l_1, \quad 0 < y < l_2, \quad t > 0;$$

$$T(0, y, t) = 0, \quad T(l_1, y, t) = 0; \quad T(x, 0, t) = 0, \quad T(x, l_2, t) = 0; \quad T(x, y, 0) = \varphi(x, y).$$

Применяя метод разделения переменных, были определены ненулевые решения задачи: $T(x, y, t) = X(x)Y(y)K(t)$.

Посредством несложных преобразований, получено

$$\frac{X''(x)}{X(x)} + \frac{Y''(y)}{Y(y)} = \frac{1}{a} \frac{K'(t)}{K(t)}.$$

Каждое из отношений предыдущего равенства зависит только от одной переменной. Поэтому данное равенство возможно для всех значений переменных x, y, t из рассматриваемой области только если указанные отношения постоянны, т. е.

$$\frac{X''(x)}{X(x)} = -\lambda, \quad \frac{Y''(y)}{Y(y)} = -\mu, \quad \frac{1}{a} \frac{K''(t)}{K(t)} = -(\mu + \lambda).$$

Таким образом, получены две задачи Штурма-Лиувилля и их решения с учетом граничных условий из приведенных выше отношений:

$$X''(x) + \lambda X(x) = 0, \quad X(0) = X(l_1) = 0, \quad Y''(y) + \mu Y(y) = 0, \quad Y(0) = Y(l_2) = 0.$$

$$\lambda_k = \left(\frac{\pi k}{l_1}\right)^2, \quad X_k(x) = \sin \frac{\pi k}{l_1} x, \quad k \in N, \quad \mu_m = \left(\frac{\pi m}{l_2}\right)^2, \quad Y_m(y) = \sin \frac{\pi m}{l_2} y, \quad m \in N,$$

Функция $T(t)$ должна удовлетворять уравнению:

$$K'(t) + a\omega_{km}^2 K(t) = 0.$$

Общее решение уравнения имеет вид: $K_{km}(t) = A_{km} e^{-a(\omega_{km})^2 t}$.

Таким образом, математическое выражение для искомых функций принимает вид:

$$T_{km}(x, y, t) = X_k(x)Y_m(y)K_{km}(t) = A_{km} \sin \frac{\pi k}{l_1} x \sin \frac{\pi m}{l_2} y e^{-a(\omega_{km})^2 t},$$

Необходимо определить линейную комбинацию этих функций, которая обеспечивает выполнение начального условия. Для этого необходимо воспользоваться ортогональной в прямоугольнике $0 < x < 1, 0 < y < 1$ системой функций

$$\{v_{km}(x, y)\} = \left\{ \sin \frac{\pi k}{l_1} x \cdot \sin \frac{\pi m}{l_2} y \right\}, k, m \in N,$$

квадрат нормы которых $\|v_{km}\|^2 = \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} v_{km}^2(x, y) dx dy = \frac{l_1 l_2}{4}$.

Решение задачи ищется в виде линейной комбинации функций:

$$T(x, y, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{km} v_{km}(x, y) e^{-a(\omega_{km})^2 t}.$$

Определив из начального условия коэффициенты, окончательно получаем функцию вида:

$$T(x, y, t) = \frac{4}{l_1 l_2} \sum_{k,m=1}^{\infty} \left[\int_0^{l_1} \int_0^{l_2} \varphi(x, y) \sin \frac{\pi k}{l_1} x \cdot \sin \frac{\pi m}{l_2} y dx dy \right] e^{-a(\omega_{km})^2 t} \cdot \sin \frac{\pi k}{l_1} x \cdot \sin \frac{\pi m}{l_2} y.$$

Таким образом, представленные в настоящей работе результаты показывают возможность применения метода разделения переменных для решения двумерных задач теплопроводности. Апробация указанных расчетов на практике и сравнительный анализ результатов численного моделирования с экспериментальными результатами, полученными иными физическими измерительными методами, являются актуальными задачами дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самарский, А. А. Вычислительная теплопередача / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич. – Москва : Едиториал УРСС, 2003. – 784 с.
2. Егоров, В. И. Аналитические методы решения задач теплопроводности : учебное пособие / В. И. Егоров. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. – 38 с.
3. Мазо, А. Б. Основы теории и методы расчета теплопередачи : учебное пособие / А. Б. Мазо. – Казань : Казан. ун-т, 2013. – 144 с.

АЛФАВИТНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ***Атрохов Денис Эдуардович***

студент 3 курса факультета компьютерных наук и электроники Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой

Барковская Марина Михайловна

к.ф.-м.н., заместитель декана по воспитательной работе машиностроительного факультета Брестского государственного технического университета

Боровкова Евгения Сергеевна

старший преподаватель кафедры физики Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой

Бурель Наталья Анатольевна

учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 1 им. Героя Советского Союза П.А.Акуционка г.п. Шумилино»

Бурцева Вера Петровна

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Вабищевич Наталья Вячеславовна

старший преподаватель кафедры физики Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой

Вабищевич Сергей Ананьевич

к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой физики Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой

Величко Любовь Алексеевна

к.ф.-м.н., доцент

Ворсин Николай Николаевич

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики Брестского государственного технического университета

Габрусёнок Светлана Владимировна

учитель физики государственного учреждения образования «Лицей г. Новополоцка»

Гладковский Виктор Иванович

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики Брестского государственного технического университета

Гладышук Анатолий Антонович

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики Брестского государственного технического университета

Григорьев Александр Александрович

к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой физики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Гулевич Тимофей Петрович

студент 2 курса факультета компьютерных наук и электроники Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой

Давыдов Игорь Геннадьевич

к.т.н., доцент, доцент, заместитель заведующего кафедрой информационных радиотехнологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Демидчик Александр Владимирович

к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой общей и теоретической физики Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

Дубовская Вероника Александровна

магистрант учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Дудойть Марина Францевна

учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 30 г. Минска»

Евланов Максим Витальевич

магистр педагогических наук, учитель физики и математики государственного учреждения образования «Средняя школа № 45 г. Минска»

Заборовская Алеся Михайловна

учитель физики государственного учреждения образования «Полотовская базовая школа Полоцкого района»

Иващенко Инга Анатольевна

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой физики и общеинженерных дисциплин Военной академии Республики Беларусь

Кембровская Наталия Геннадьевна

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры общей физики физического факультета Белорусского государственного университета

Кечик Даниил Александрович

магистр технических наук, ассистент кафедры информационных радиотехнологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Козловский Николай Васильевич

заведующий лабораторией кафедры компьютерного моделирования физического факультета Белорусского государственного университета

Кравец Елена Михайловна

учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 16 г. Мозыря»

Крук Николай Николаевич

д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой физики Белорусского государственного технологического университета

Кузьмич Анастасия Михайловна

преподаватель-стажер Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

Кушнер Татьяна Леонидовна

к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой физики Брестского государственного технического университета

Липская Людмила Константиновна

учитель физики государственного учреждения образования «Зелёнковская базовая школа имени Т.С. Мариненко Полоцкого района»

Лобач Юлия Анатольевна

учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 16 г. Борисова имени И.В. Борюсика»

Лукашевич Никита Владимирович

студент 4 курса Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины

Лукашевич Светлана Анатольевна

старший преподаватель кафедры физики Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины

Луцевич Александр Александрович

к.п.н., доцент, доцент кафедры общей и медицинской физики Международного государственного экологического института имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета

Малишевский Виктор Феликсович

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры общей и медицинской физики Международного государственного экологического института имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета

Маркевич Константин Михайлович

старший преподаватель кафедры физики Брестского государственного технического университета

Медведь Ирина Николаевна

к.б.н., доцент, доцент кафедры общей физики физического факультета Белорусского государственного университета

Мусницкая Анна Станиславовна

учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 18 имени Евфросинии Полоцкой г. Полоцка»

Окунев Дмитрий Олегович

старший преподаватель кафедры физики учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»

Олехнович Кирилл Александрович

студент 2 курса группы М-156 факультета инженерных систем и экологии учреждения образования «Брестский государственный технический университет»

Ольховская Инна Михайловна

студент 3 курса факультета компьютерных наук и электроники специальности «Компьютерная физика» учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»

Пинчук Александр Иванович

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики Брестского государственного технического университета

Плетюхов Владимир Анестиевич

д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры общей и теоретической физики Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

Проневич Олег Иванович

старший преподаватель кафедры физики и электротехники Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого

Пушкарев Николай Васильевич

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры общей и медицинской физики Международного государственного экологического института имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета

Равуцкая Жанна Ивановна

к.п.н., доцент, доцент кафедры физики и математики Мозырского государственного педагогического университета имени И.П. Шамякина

Ревенок Марина Анатольевна

старший преподаватель кафедры физики и электротехники Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого

Родин Сергей Васильевич

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Романова Марина Анатольевна

учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 177 г. Минска»

Савилова Юлия Ивановна

к.т.н., доцент, доцент кафедры физики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Савчук Галина Казимировна

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Физика» Белорусского национального технического университета

Савчук Оксана Фёдоровна

старший преподаватель кафедры физики Брестского государственного технического университета

Самсонович Георгий Александрович

студент 3 курса Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой

Свентецкая Галина Дмитриевна

учитель физики государственного учреждения образования «Козенская средняя школа Мозырского района»

Семенюк Ольга Александровна

преподаватель кафедры общей и теоретической физики Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

Серый Алексей Игоревич

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры общей и теоретической физики Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

Ситникова Ида Александровна

учитель физики государственного учреждения образования «Кировская средняя школа Витебского района»

Слободянюк Анатолий Иванович

к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой общей физики физического факультета Белорусского государственного университета

Соловей Валентина Николаевна

учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 16 г. Полоцка»

Соловей Светлана Валерьевна

преподаватель физики учреждения образования «Пинский государственный аграрный технологический колледж»

Тарасюк Николай Петрович

старший преподаватель кафедры физики Брестского государственного технического университета

Федоренко Максим Викторович

учитель информатики государственного учреждения образования «Средняя школа № 114 г. Минска имени Симона Боливара»

Федорец Анастасия Романовна

студент 3 курса факультета компьютерных наук и электроники Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой

Хвалько Наталья Геннадьевна

учитель физики государственного учреждения образования «Средняя школа № 28 г. Витебска имени Е.С. Зеньковой»

Черкас Надежда Леонидовна

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики и инженерных дисциплин Военной академии Республики Беларусь

Чикалко Андрей Викторович

студент 3 курса Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой

Чугунов Сергей Владимирович

старший преподаватель кафедры физики Брестского государственного технического университета

Чугунова Элеонора Валерьевна

учитель физики государственного учреждения образования «Гимназия № 4 г. Бреста»

Шепелевич Василий Григорьевич

д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры физики и нанотехнологий Белорусского государственного университета

Шилько Виктор Марьянович

студент 5 курса физического факультета Белорусского государственного университета

Юркевич Наталья Петровна

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Физика» Белорусского национального технического университета

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

Методика преподавания физики и дисциплин физического профиля: традиции и инновации.....3

А. А. Гладышук, Т. Л. Кушнер, О. Ф. Савчук

Компонент оптических явлений в комплексных задачах по физике.....3

М. М. Барковская, В. И. Гладковский, А. И. Пинчук, О. Ф. Савчук

Функциональные свойства учебной задачи по физике.....7

Е. С. Боровкова, Д. О. Окунев

Введение майноров в учебный процесс на примере кафедры физики Полоцкого государственного университета.....9

Н. А. Бурель

Активизация познавательной деятельности учащихся через использование электронных учебных модулей физико-математического цикла.....12

Л. А. Величко, С. В. Чугунов, Э. В. Чугунова

Лабораторная работа – комплексная задача по физике в 11 классе по теме «Ядерная физика»17

С. В. Габрусёнок

Основные направления применения информационных технологий на уроках физики.....20

В. А. Дубовская, С. А. Лукашевич

Применение образовательных платформ на уроках физики.....24

М. Ф. Дудойть, М. В. Евланов

Применение метода исследования ключевых ситуаций в условиях проблемного обучения при изучении учебного предмета «Физика»27

М. В. Евланов

Применение логико-смысловых моделей при изучении учебного предмета «Физика»30

А. М. Заборовская

Что такое лэпбук и как его использовать на уроках физики?33

И. А. Иващенко, Н. Л. Черкас

Применение наглядного метода обучения на практических занятиях по физике.....34

Н. Г. Кембровская, И. Н. Медведь

Рейтинговая система как объективный инструмент контроля знаний.....38

Е. М. Кравец, М. В. Федоренко

Использование конструктора Lego Wedo на уроках физики для формирования компетенций XXI века.....41

Л. К. Липская

Учебно-исследовательская деятельность учащихся как средство формирования метапредметных компетенций.....44

Ю. А. Лобач

Прикладной аспект изучения физики в учреждении образования.....47

В. Ф. Малишевский, А. А. Луцевич	
К вопросу о методике моделирования колебаний.....	48
А. С. Мусницкая	
Целеполагание на уроке физики на основе таксономии Блума.....	52
В. А. Плетюхов, О. А. Семенюк	
Об использовании алгебраических методов исследования в теории безмассовых полей.....	55
О. И. Проневич, М. А. Ревенок	
Использование интерактивных элементов в курсе «Физика»	58
Ж. И. Равуцкая	
Методические особенности решения задач на применение закона Ома для цепей переменного тока.....	62
Г. Д. Свентецкая	
Профориентационная работа на уроках физики.....	65
А. И. Серый	
К методике изучения темы «Люминесценция» в курсе физики.....	68
А. И. Серый	
Об изучении нейтронизации вещества в курсах физики и астрономии.....	71
И. А. Ситникова	
Формирование у учащихся функциональной грамотности в области здоровьесбережения средствами предмета «Физика»	73
В. Н. Соловей	
Совершенствование качества преподавания физики на современном уроке.....	77
С. В. Соловей	
Использование технологии опорных схем при изучении учебного предмета «Астрономия»	80
Н. Г. Хвалько	
Учебные экскурсии как средство формирования национальной идентичности учащихся в рамках предмета «Физика»	84

СЕКЦИЯ 2

Техническое и методическое обеспечение физического лабораторного практикума.....89

В. П. Бурцева, С. В. Родин, Ю. И. Савилова

Особенности лабораторного практикума по физике на начальных курсах.....89

Н. Н. Ворсин, Т. Л. Кушнер, К. М. Маркевич

Опыт использования манипулятора «оптическая мышь» в учебных опытах по физике.....92

А. А. Григорьев

Программные продукты для обработки результатов физического лабораторного практикума.....96

Т. П. Гулевич, С. А. Вабищевич	
Использование универсального последовательного интерфейса UART для организации беспроводного физического эксперимента.....	99
Н. В. Козловский, А. И. Слободянюк	
Лабораторная установка «Изучение магнитных полей и магнитных взаимодействий»	101
М. А. Романова	
Особенности организации лабораторного практикума по физике в средней школе.....	103
А. И. Слободянюк	
Использование ортогональных функций при анализе результатов измерений в лабораторном практикуме по физике.....	106
Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук	
Компьютерное моделирование кристаллической структуры в лабораторном физическом практикуме.....	108

СЕКЦИЯ 3

Современные научные исследования в области физико-математических и технических дисциплин.....113

Н. Н. Ворсин, А. А. Гладыщук, Т. Л. Кушнер, С. В. Чугунов, Н. П. Тарасюк	
Моделирование гетеропереходных полевых транзисторов на основе соединения AlGaN.....	113
В. И. Гладковский, А. И. Пинчук, В. Г. Шепелевич, В. М. Шилько	
Микроструктура сплава Al-7 масс.% Вi при быстрой закалке.....	116
В. И. Гладковский, А. И. Пинчук, В. Г. Шепелевич, В. М. Шилько	
Микротвердость сплава Al-7 масс.% Вi при спиннинговании.....	120
А. В. Демидчик	
Влияние легирования сплава $Bi_{0,89}Sb_{0,11}$ серой и теллуrom на удельное электросопротивление и магнетосопротивление.....	123
Д. А. Кечик, И. Г. Давыдов	
Различение параллельной и угловой расцентровок валов при помощи межкомпонентной фазовой обработки сигналов.....	126
С. А. Лукашевич, Н. В. Лукашевич	
Определение показателей преломления.....	130
К. М. Маркевич, К. А. Олехнович	
Техническое и методическое обеспечение в вузовском лабораторном практикуме при изучении процессов заряда и разряда конденсатора.....	132
Н. Н. Крук	
Многоцентровые межмолекулярные взаимодействия в макрогетероциклических соединениях.....	136
И. М. Ольховская, Д. Э. Атрохов, С. А. Вабищевич	
Создание «универсального» алгоритма с использованием компьютерного зрения для выявления дефектов в различных сферах.....	140

<i>В. А. Плетюхов, А. М. Кузьмич</i>	
<i>SU(4, 4)</i> – симметричная модель геометризованного описания внутренних степеней свободы дираковских частиц.....	143
<i>Н. В. Пушкарев</i>	
Кинетика катионного перераспределения по подрешеткам ферритов-шпинелей в методе кластерных компонентов.....	145
<i>Г. А. Самсонович, А. В. Чикалко, Е. С. Боровкова</i>	
Сравнительный анализ присутствия радионуклидов в городах Витебской области.....	149
<i>Н. П. Тарасюк</i>	
Фактор оптического ограничения и дальнее поле излучения гетероструктур с квантовыми ямами AlGaIn.....	152
<i>А. Р. Федорец, Н. В. Вабищевич</i>	
Применение метода разделения переменных для анализа процессов теплопроводности.....	156
Алфавитный информационный указатель авторов.....	159
Содержание.....	164

Научное издание

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Республиканской научно-методической конференции
«Физика в учреждениях образования: научные, методические и
прикладные аспекты»
12–13 октября 2023 года
г. Брест, Республика Беларусь

Ответственный за выпуск: Кушнер Т. Л.
Редактор: Митлошук М. А.
Компьютерная вёрстка: Ковальчук Е. Н.
Корректор: Дударук С. А.

ISBN 978-985-493-609-3



Издательство БрГТУ.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г., № 3/1569 от 16.10.2017 г.

Подписано в печать 15.11.2023 г.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».

Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 9,77.

Уч. изд. л. 10,5. Заказ № 1387. Тираж 55 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.