

# **ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В ВУЗЕ**

**Сборник материалов  
Республиканской научно-методической конференции,  
посвященной 70-летию со дня рождения Н. И. Чопчица**

**Беларусь, г. Брест  
31 октября – 1 ноября 2019 года**

УДК 371.32:53(063)  
ББК 74.480.46л0  
И 66

Редакционная коллегия:

кандидат физико-математических наук *М. М. Барковская*  
(главный редактор);  
кандидат физико-математических наук, доцент *А. А. Гладыщук*;  
кандидат физико-математических наук, доцент *В. И. Гладковский*;  
кандидат физико-математических наук, доцент *А. И. Демидчик*;  
ассистент *О. Ф. Савчук*

**И 66** **Инновационные методы преподавания физики в вузе:** сб. материалов Респ. науч.-метод. конф., посв. 70-летию со дня рождения Н. И. Чопчица; редкол.: М. М. Барковская (гл ред.) [и др.]. – Брест: Издательство БрГТУ, 2019. – 90 с.

**ISBN 978-985-493-485-3**

В сборник включены доклады, представленные на Республиканской научно-методической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения Н. И. Чопчица, Брест, 31 октября – 1 ноября 2019 года, по следующей тематике: преподавание дисциплин физической направленности в техническом вузе: методика и современные образовательные технологии; физический лабораторный практикум: традиции и инновации; научные исследования в инженерном образовании.

УДК 371.32:53(063)  
ББК 74.480.46л0

ISBN 978-985-493-485-3

© Издательство БрГТУ, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 1

#### Преподавание дисциплин физической направленности в техническом вузе: методика и современные образовательные технологии

<b>А. А. Гладыщук</b> Феномен личности Николая Ивановича Чопчица в образовательной среде и научном содружестве .....	8
<b>В. А. Банный, К. И. Кушнеров</b> Особенности преподавания физики в медицинском университете.....	11
<b>И. Л. Гаврилова</b> Использование инновационной методики кейсов в системе инженерного образования.....	14
<b>В. И. Gladковский, А. И. Пинчук</b> Конструирование комплексных задач по физике .....	16
<b>А. А. Григорьев</b> MATLAB как среда моделирования динамических процессов в электромагнитных взаимодействиях .....	19
<b>Т. Л. Кушнер</b> Применение фронтальных и комплексных задач в дисциплинах физической направленности.....	21
<b>С. А. Лукашевич, А. Н. Купо, А. А. Гузовец</b> Внедрение проблемного метода в обучении студентов физике.....	24
<b>С. А. Лукашевич, В. Р. Куриленко, А. А. Гузовец</b> Методика изложения темы «Тепловое излучение».....	27
<b>К. М. Маркевич</b> Комплексные задания в самостоятельной работе студентов в обучении физике в техническом вузе .....	29
<b>В. А. Плетюхов, А. И. Серый</b> К вопросу об определении массы через уравнение массовой поверхности .....	31
<b>В. А. Плетюхов, А. И. Серый</b> О сохранении свойств классической массы в специальной теории относительности .....	33
<b>В. П. Редькин, Ж. И. Равуцкая</b> Формирование у студентов обобщенных умений по решению физических задач .....	36

<b>С. В. Родин, Ю. И. Савилова</b> Методические аспекты смешанного обучения физике в техническом университете.....	39
<b>В. С. Секержицкий</b> О вузовских физических задачах с отсутствующим школьным пределом .....	40
<b>В. С. Секержицкий</b> О естественном способе описания движения при решении задач механики.....	43
<b>Г. Ю. Тюменков, А. С. Невмержицкая</b> Элементы анализа уравнений состояния реального газа с помощью системы WOLFRAM MATHEMATICA .....	45
<b>Э. В. Чугунова, С. В. Чугунов</b> Формирование учебно-познавательных компетенций при решении комплексных задач по физике.....	48
<b>И. С. Янусик</b> Опыт и размышления об учебной мотивации студентов.....	50

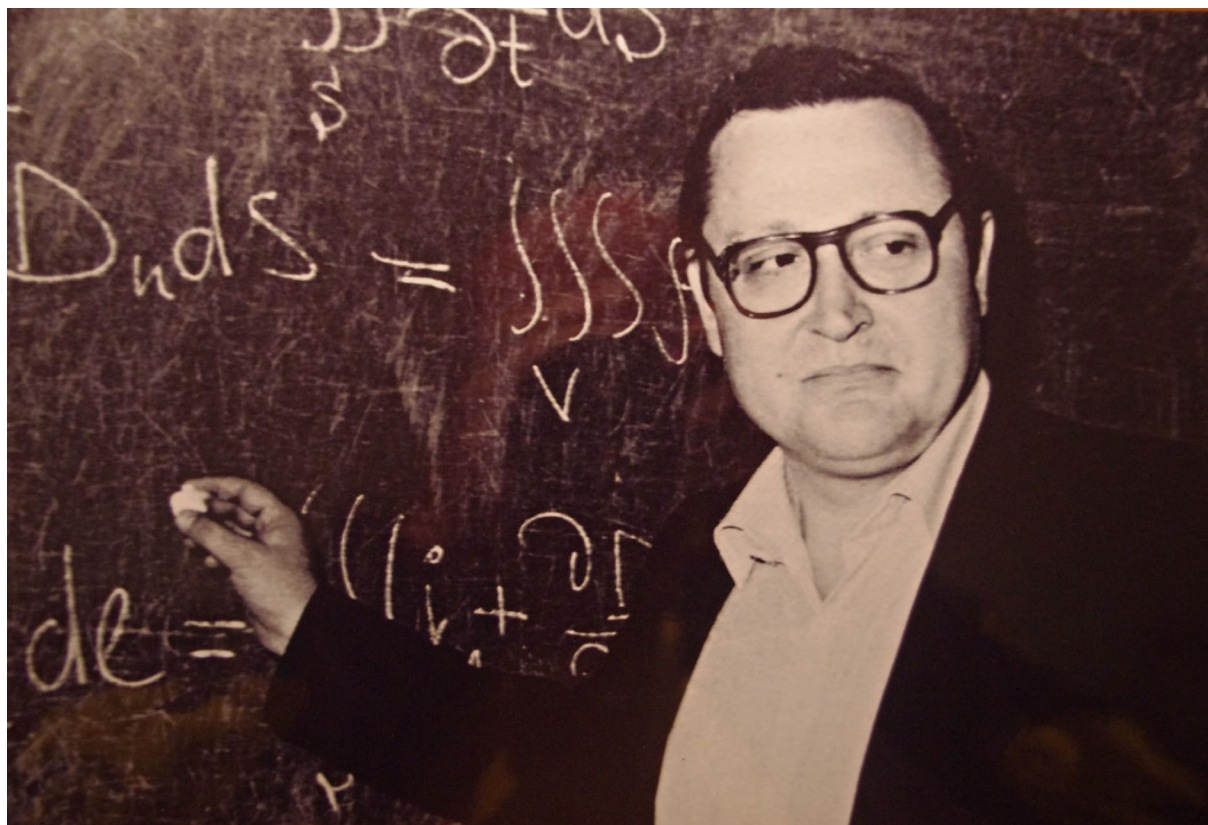
## Секция 2

### Физический лабораторный практикум: традиции и инновации

<b>Н. Н. Ворсин</b> Построение современного физического лабораторного практикума.....	54
<b>И. Л. Гаврилова, М. Н. Григорович</b> Стенд релейной защиты и автоматики элементов высоковольтной подстанции.....	60
<b>А. В. Демидчик</b> Выполнение лабораторных работ в процессе подготовки одаренных учащихся к заключительному этапу по физике в рамках учебно-тренировочных сборов .....	62
<b>П. Б. Кац</b> Новое методическое руководство к лабораторной работе «Частица в одномерной потенциальной яме».....	65
<b>И. В. Леванчук</b> Применение электронных средств обучения при проведении школьного физического эксперимента.....	67
<b>Д. Б. Куликович, Е. С. Петрова, А. Л. Казущик</b> Применение задач практической направленности в курсе медицинской и биологической физики .....	69

**Секция 3**  
**Научные исследования в инженерном образовании**

<b>М. М. Барковская, Т. Л. Кушнер, А. А. Гладышук, С. В. Чугунов, Н. П. Тарасюк, Л. П. Щербаченко</b> Научная деятельность кафедры физики Брестского государственного технического университета: проекты и партнеры .....	73
<b>В. В. Борушко, В. И. Гладковский</b> Активация познавательной деятельности студентов с помощью учебно-исследовательской работы .....	78
<b>В. П. Евстигнеева, Н. Г. Валько</b> Методика электроосаждения Со-покрытий при воздействии УФ-излучения .....	80
<b>Н. П. Тарасюк</b> Фактор оптического ограничения гетероструктур с квантовыми ямами InGaN .....	82
<b>С. В. Чугунов, Э. В. Чугунова</b> Исследовательская деятельность учащихся как способ формирования потребности педагога в непрерывном образовании .....	86
<b>Авторский указатель</b> .....	89



**Посвящается памяти  
Николая Игнатьевича Чопчица**

**(1949-2013)**

*Николай Игнатьевич Чопчиц  
будет жить с нами всегда, ибо  
память о нем сохранится навечно...*

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Шалобыта Н. Н. – к.т.н., доцент, проректор по науке БрГТУ (*председатель*).

Гладышук А. А. – к.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры физики БрГТУ (*зам. председателя*).

Плетюхов В. А. – д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры теоретической физики БрГУ им. А. С. Пушкина.

Углов В. В. – д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой физики твердого тела БГУ.

Гладковский В. И. – к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики БрГТУ.

Барковская М. М. – к.ф.-м.н., заведующий кафедрой физики БрГТУ.

Демидчик А. И. – к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой теоретической физики БрГУ им. А. С. Пушкина.

Секержицкий В. С. – к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры теоретической физики БрГУ им. А. С. Пушкина.

**СЕКЦИЯ 1**  
**ПРЕПОДАВАНИЕ ДИСЦИПЛИН ФИЗИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ**  
**В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ: МЕТОДИКА И СОВРЕМЕННЫЕ**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 53 (042.3)

**ФЕНОМЕН ЛИЧНОСТИ НИКОЛАЯ ИВАНОВИЧА ЧОПЧИЦА**  
**В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ И НАУЧНОМ СОДРУЖЕСТВЕ**

**А. А. Гладыщук**

*г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»*

*Николай Игнатъевич Чопчиц* после окончания учёбы в аспирантуре БГУ в 1975 году был направлен по распределению на кафедру физики тогда ещё Брестского инженерно-строительного института (БИСИ). Вся его трудовая деятельность, а это 38 лет, связана с кафедрой физики этого вуза. Будучи физиком-теоретиком, занимающимся теорией гравитации, он с ходу принёс на кафедру физики малознакомый термин из релятивистской теории гравитации – *тетрады*, которые являются коэффициентом разложения компонент ортогонального репера по дифференциалам координатного пространства. Выступая на внутри-вузовских конференциях с докладами по данной тематике, Николай Игнатъевич настолько ублажал физический слух своих коллег необычными формулировками и математическими выкладками, что каждый слушатель, не вникая в суть сказанного, да, собственно, и не мог в это вникнуть, наслаждался необычным сочетанием терминов и формул высокой физики, которые ему посчастливилось увидеть и услышать от обаятельного докладчика (рисунок 1).

В те, теперь уже далёкие, 1970-е годы физический лабораторный практикум кафедры физики БИСИ представлял собой «разношёрстный» и плохо причисленный набор лабораторных работ. Каждый семестр начинался с выяснения обстоятельств, по которым около половины работ по тем или иным причинам нельзя было выполнять. Особой примитивностью отличались лабораторные работы по разделу «Электричество и магнетизм», где по каждой работе требовалось собрать вручную электрическую схему. Постоянно путаясь в проводах, студенты на это тратили практически всё занятие. О методическом сопровождении самих работ не стоит даже упоминать.

Как мы все на кафедре были удивлены, когда именно на эту учебную лабораторию своё внимание обратил молодой физик-теоретик. Каждый из нас с удовольствием наблюдал, как физик-теоретик по мановению некой волшебной палочки превратился в завязанного физика-экспериментатора и с паяльником в руках, не выпуская изо рта дымящейся папиросы «Беломорканал», делал то, что ещё вчера казалось нереальным. Именно тогда на кафедре физики зародилось движение *за высокий и неподражаемый уровень физического лабораторного практикума*. А его неизменным куратором стал Николай Игнатъевич Чопчиц. Десятилетиями на кафедре велась эта работа, и в каждую лабораторную работу своей оригинальный взнос внёс Николай Игнатъевич.





*Рисунок 1 – Чопчиц Н. И. со студентами после лекции*

В связи с этим никак нельзя не вспомнить о создании им совершенно оригинальной и уникальной работы «ИЗУЧЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ-ИМПУЛЬСА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ». Эта лабораторная работа отличалась таким необычным подходом к её выполнению, что была опубликована в 1984 году в Москве во всесоюзном издании Министерства высшего и среднего специального образования СССР в «Сборнике научно-методических статей по физике», выпуск 11 [1]. Подобных прецедентов больше на кафедре не случалось.

В годы «перестройки» буквально накануне распада Советского Союза кафедре физики удалось одной из первых в республике приобрести два набора уникального лабораторного оборудования по разделу «Механика», изготовленного кооперацией СЭВ во Вроцлаве (Польша). Как тут без Н. И. Чопчица? Мы впервые столкнулись с необычной задачей: высокая точность проводимых измерений приводила к заметному огрублению конечного результата. Ожидаемая относительная погрешность в 5% вместо уменьшения в разы возрастала. Можно было на это просто закрыть глаза, как это сделали в других вузах, и менторным преподавательским тоном внушать студенту, что всё в порядке. Но такой подход у Николая Игнатьевича не проходил. Началась «теоретическая разборка», которая выплыла серьёзным исследовательским результатом. Если коротко, эта тема была сформулирована, как «НЕКОРРЕКТНЫЕ ЗАДАЧИ В ЛАБОРАТОРНОМ ФИЗПРАКТИКУМЕ» [2]. В качестве примера приведём лабораторную работу с машиной Атвуда, где определение момента инерции при различных перегрузках является типичным примером некорректной задачи. Из этой ситуации Н. И. Чопчиц предложил следующий выход: расширение измерений и их обработка методом наименьших квадратов (МНК), что заметно подняло измерительную культуру физического эксперимента, а значит, и методику выполнения лабораторных работ студентами.

Вместе с этим нельзя не вспомнить о работе «ИЗУЧЕНИЕ НЕУПРУГОГО УДАРА» с оригинальной предложенной Н. И. Чопчицем методикой обработки стробоскопических фотографий процесса столкновения [3]. Появление этой работы было связано с критикой теории лабораторной работы упругого удара двух шаров, которая имеется в каждом вузовском практикуме. В связи с этим Николай Игнатьевич написал теорию упругого удара для цилиндров, в которой разъяснил, что «при соударении абсолютно упругого цилиндра с абсолютно упругой полубезграничной средой, происходящей в однородном гравитационном поле, обеспечивающем повторение соударений, механическая энергия цилиндра уменьшается, диссипируя в полубезграничную среду в форме упругих волн». С этой целью были изготовлены цилиндры из различных материалов, но лабораторная установка потребовала для выполнения такого эксперимента серьёзной модификации измерительной части.

Особое значение в развитии методики преподавания на кафедре имели «КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ», созданные Николаем Игнатьевичем [4]. Можно твёрдо сказать, что комплексные задачи по физике являются образовательным феноменом в техническом вузе и сегодня. Сам Николай Игнатьевич о комплексных задачах сказал следующее: «В качестве одной из возможных альтернатив предлагается использование комплексных задач. Это задачи, в которых на едином материале рассматривается весь комплекс вопросов и идей достаточно большой темы курса. Существенной частью комплексных задач является надлежаще подобранный и организованный графический материал в виде схем, диаграмм, рисунков и т. д. Любое задание имеет до 100 вариантов. Каждый вариант включает 7-10 задач, решение которого требует ясного понимания основного материала темы, дает возможность отработать методику применения основных законов, сформировать общее представление о характере задач, решаемых в данном разделе, и фиксирует внимание студентов на узловых вопросах и типичных моментах взаимодействия идей и представлений раздела».

Можно с гордостью сказать, что традиция решения комплексных задач на кафедре физики сохранилась и успешно развивается. Подтверждением этому является последняя методическая разработка кафедры «Физика I» [5].

Особый этап развития кафедры физики – это установление в 1991 году партнерских контактов с западноевропейским вузом FachhochschuleRawensburg-Weingarten в Германии. Роль Н. И. Чопчица в этом была значительной. Именно ему принадлежала идея студентке названного вуза Сабине Саммет выполнить дипломную работу на нашей кафедре, связанную с верификацией и модификацией математической модели транспорта радионуклидов в биологических системах [6]. Задача на то время весьма актуальная для южной Германии, где после Чернобыльской аварии в предгорьях Альп выпали значительные осадки радиоактивной пыли. Для общетехнической кафедры физики защита дипломной работы западноевропейской студенткой явилась беспрецедентным случаем. Газета южной Германии «Schwabische Zeitung» тогда писала: «Два профессора из Бреста стену между русскими и немцами понизили», что на тот момент являлось весьма важным.

Значителен вклад Н. И. Чопчица в олимпиадное движение в области и республике, где он выступал неизменным автором оригинальных олимпиадных задач по физике [7] и являлся бессменным членом жюри. Нельзя не оценить его вклад в развитие методики вступительных экзаменов в наш вуз.

К сожалению, Николай Игнатьевич рано ушёл из жизни. Кафедре физики его сегодня очень не хватает.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Чопчиц, Н. И. Изучение проявления релятивистского закона сохранения энергии-импульса при взаимодействии элементарных частиц: сборник научно-методических статей по физике. – М., 1984. – Выпуск 11. – С. 25.
2. Чопчиц, Н. И. Некорректные задачи в лабораторном физпрактикуме: тезисы докладов X зонального совещания. – Гродно, 1989. – С. 127.
- 3 Чопчиц, Н. И. Изучение неупругого удара. Лабораторная работа – рукопись.
4. Чопчиц, Н. И. Комплексные задачи по физике / Н. И. Чопчиц. – Брест : Изд-во БрГТУ, 2014. – 108 с.
5. Барковская, М. М. Физика I. Методические рекомендации / М. М. Барковская, А. А. Гладышук, О. Ф. Савчук. – Брест, 2019. – 62 с.
6. Чопчиц Н. И. Фрактальные механизмы транспорта радионуклидов в биологических системах / Н. И. Чопчиц, И. А. Сатиков // Открытые системы – избранные вопросы теории и эксперимента. Тезисы докладов. – Брест, 1992. – С. 14.
7. Сборник задач по физике «Задачи Чопчица». – Брест, 2014. – 37 с.

УДК 378:53

## **ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**В. А. Банный, К. И. Кушнеров**

*г. Гомель, УО «Гомельский государственный медицинский университет»*

Компетенции выпускника любого высшего учебного заведения должны позволить ему успешно работать в избранной профессиональной сфере, приобретать социально-личностные и общекультурные качества, способствующие его социальной мобильности и устойчивости на рынке труда [1]. В решении этой задачи важная роль принадлежит курсу физики. Физика составляет основу общеобразовательной подготовки специалиста. Она обладает рядом особенностей, позволяющих развивать у студентов логику, рациональность и системность мышления.

Студентам медицинских вузов физика необходима для формирования базовых представлений о функционировании систем организма человека и для осмысленного применения этих представлений в будущей врачебной деятельности. Физика внедряется в медицину все более и более ускоренными темпами: лазерная хирургия, ультразвуковые исследования мягких тканей, магнитно-резонансная томография, рентгенодиагностика, операции с помощью гамма-скальпеля и др. [2, 3]. Опора на физические законы позволяет будущему врачу

объяснить физиологические процессы, установить диагноз и выбрать правильное лечение.

Освоение курса физики должно предшествовать изучению анатомии, физиологии, биохимии, микробиологии и вирусологии, гигиены, лучевой диагностики и т. д. Но, к сожалению, студенты первого курса не способны полностью осознать значение знаний физики для будущей практической деятельности врача. В связи с этим необходимо повысить мотивацию студентов к изучению курса физики. Обоснование преподавателем междисциплинарных связей физики с клиническими дисциплинами позволит студенту-первокурснику видеть значение приобретенных знаний по физике для изучения клинических дисциплин. Таким образом, в учебном процессе медицинского вуза предполагается реализация интегративно-модульного обучения физики.

Занятия в медицинском вузе проводятся по модульной системе. Каждый модуль состоит из двух-трех лабораторных и/или практических работ по близким темам. Каждая лабораторная или практическая работа содержит все компоненты учебного цикла: цель, задачи, необходимые приборы и оборудование, объекты исследования, алгоритм выполнения работы, перечень используемой и дополнительной литературы, а также проверочные задания (тесты). С помощью тестирования проводится диагностика уровня подготовки студентов, контроль учебных достижений. Тестирование позволяет судить о результативности процесса обучения и вносить изменения для совершенствования содержания модулей курса физики, а также их методического обеспечения. Для каждого модуля разработан набор требований к знаниям, умениям и навыкам.

Следует отметить, что для выполнения лабораторных работ применяется физическое и медицинское оборудование. С использованием физических приборов студенты изучают механизмы различных явлений и физические закономерности по отдельным разделам физики. Это законы механики, геометрической и физической оптики, акустики, гидродинамики и гемодинамики, электрические явления и законы термодинамики, законы взаимодействия излучений с веществом, преобразование одного вида энергии в другой, радиоактивность и дозиметрию и т. п. Безусловно, на занятиях по физике в медицинском учреждении упор делается на использование медицинской аппаратуры. На медицинском оборудовании отрабатываются навыки работы в атмосфере, приближенной к реальной клинической практике.

К каждому разделу физики проводятся лекционные занятия. Количество лекционных часов для лечебного и медико-диагностического факультетов различное, ограничено учебной программой, но недостаточно для детального изложения материала. Для самостоятельной подготовки студентам предлагается электронно-методическое пособие.

Существует ряд методически и научно обоснованных положений в изучении любого предмета, в том числе физики в медицинском вузе:

- компетенция преподавателя и методические подходы в изложении материала;
- доверительное, равноправное, уважительное отношение к студентам;
- диалог преподавателя со студентами и наличие обратной связи.

Особенностями успешного освоения физики в медицинском университете являются:

– осознание того, что человек – это часть природы, и для него выполняются законы физики;

– обоснование студентам необходимости знаний по физике для дальнейшего изучения клинических дисциплин и мотивация студентов к изучению курса физики;

– использование как физического, так и медицинского оборудования при выполнении лабораторных работ;

– увеличение количества лекционных часов;

– увеличение количества практических и лабораторных часов;

– применение математических методов, введение в курс физики дифференциального и интегрального исчисления;

– возврат к системе оценки знаний в виде зачета и экзамена;

– изучение физики на очень серьезном уровне.

Физика в медицинском вузе не является профилирующим предметом, но является важным в жизни любого человека. Физика формирует мировоззрение, дает нам знания об окружающей среде и помогает формировать духовный облик человека. В настоящее время диагностические исследования разной степени сложности и максимально безопасные оперативные вмешательства можно проводить лишь с использованием современных технических устройств, разрабатываемых и обслуживаемых физиками. Врач обязан понимать физические законы и принципы, лежащие в основе работы медицинского оборудования и правильно интерпретировать результаты диагностического исследования.

Таким образом, при формировании современной концепции преподавания физики в высших медицинских учебных заведениях необходимо ориентироваться на конечную цель – подготовку высококвалифицированных специалистов, имеющих глубокие знания и которые могут творчески подходить к решению проблем. Взаимодействие между медициной и физикой позволяет исследовать природу физических процессов, причины возникновения патологий и приобрести навыки работы с медицинской аппаратурой.

Курс физики наряду с фундаментальностью имеет медицинскую направленность, интегрированно связан с клиническими дисциплинами, что является мощной мотивацией для студентов в изучении физики.

Физика и медицина – это тесно связанные науки: многие важнейшие открытия в области физики были сделаны врачами. Именно на стыке наук происходят самые удивительные открытия.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Муслов, С. А. К вопросу об изучении физики в медицинском вузе / С. А. Муслов // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 1. – С. 77–78. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=23079>. – Дата доступа: 07.10.2019.

2. Петренко, Ю. М. Нужна ли физика врачу? / Ю. М. Петренко // Наука и жизнь. – 2003. – № 5. – С. 32–35.

3. Хабибуллина, О. Л. Роль физики в медицинском образовании / О. Л. Хабибуллина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 4–1. – С. 302–304. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8914>. – Дата доступа: 07.10.2019.

УДК62:001.895

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ МЕТОДИКИ КЕЙСОВ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**И. Л. Гаврилова**

*г. Гродно, УО «Гродненский государственный университет  
имени Янки Купалы»*

В работе рассмотрено использование инновационной методики кейсов в системе обучения студентов и особенности ее применения в преподавании инженерных дисциплин вуза. Представлена общая характеристика метода кейсов, структура и особенности инженерных кейсов, этапы организации работы над кейсом, методика реализации, приведены примеры, оценка эффективности данной методики формирования профессиональных компетенций будущих специалистов.

Направление организации учебного процесса вуза требует нового подхода на пути ее совершенствования. Необходимо не только повысить интерес студентов к обучению, особенно это касается инженерных дисциплин, требующих определенного уровня компетенций, связанных с практико-ориентированным обучением, но и способствовать выявлению, раскрытию и реализации потенциала человека в современном обществе.

Инновационным подходом в области современного образования является применение метода кейсов (CaseStudy) в образовательном процессе. CaseStudy, или метод конкретных ситуаций (от английского *case* – случай, ситуация), представляет собой активную интерактивную технологию обучения, основанную на анализе конкретной ситуации. Известно применение метода CaseStudy еще в начале двадцатого века в Гарвардской бизнес-школе, популярной своими инновациями [1]. Цель этого метода – формирование модели мышления, развития способностей принимать на ее основе наиболее эффективное решение.

В настоящее время метод CaseStudy считается одним из самых эффективных способов обучения студентов навыкам решения проблем и широко используется на Западе, в Европе, Америке, России, Беларуси, все больше охватывая различные сферы применения [2] и не только в системе образования. Внедрение метода кейсов в практику высшего образования весьма актуально и стремительно завоевывает популярность среди студентов и преподавателей, однако в инженерном образовании не так популярно в силу определенной сложности формирования и реализации кейсов.

Разработка кейсов требует высокой профессиональной подготовки и практического опыта. Основу кейса составляют образовательные, научные и практические знания. Производство не стоит на месте, производственные процессы постоянно совершенствуются, внедряются все новые технологии, материалы, оборудование и т. п. Вместе с тем следует подчеркнуть, что решение кейсовых ситуаций требует и определенной подготовленности студентов, а именно теоретических знаний, практических навыков и других компетенций.

Инженерный кейс, как правило, содержит: методические рекомендации по работе с кейсом; описание ситуационной задачи; перечень заданий; схемы, ри-

сунки; необходимые источники информации; критерии оценки; аргументированные выводы по решению ситуационной задачи в форме выступления, презентации или письменно (отчеты, проекты); приложения в форме таблиц (для конкретных ситуаций). Материалы кейсов могут представлять определенные ситуационные задачи производственных процессов, разработку новых технологий, проведение исследований, метрологических измерений, проблемы внедрения и пути решения различных производственных задач и т. п.

Особенность метода кейсов для обучения студентов инженерных специальностей заключается в сложном конструктивном подходе к его решению. С развитием технологий в инженерной индустрии современный инженер должен уметь планировать, проектировать, производить и применять комплексные инженерные процессы и системы в условиях командной работы, управлять этими системами, для этого обладать творческими и коммуникативными способностями. Инженеры в своих решениях должны быть ориентированы на обмен идеями и мнениями, обмен знаниями, взаимопомощи и коллективности.

Инженерные кейсы имеют определенную степень сложности, требуют высокого уровня знаний и профессиональной подготовки; практических навыков и владения информацией о современном производстве; анализ решения может складываться из целого ряда ситуаций, а решение может зависеть от многих факторов, быть многозначным [3, 4].

Анализ любого кейса представляет собой коллективный процесс осмысления ситуационной задачи, поиск способов решения, принятие и предоставление аргументированного решения и требует серьезной деловой работы. К этапам организации работы относится: ознакомление студентов с текстом кейса, анализ кейса, организация обсуждения кейса, оценивание работы над кейсом, подведение итогов.

Методика реализации метода кейсов заключается во взаимодействии преподавателя и студентов. Главная роль в реализации метода отводится опытному и грамотному преподавателю, который умеет организовать учебный процесс с помощью данной технологии, контролировать этап обсуждения и направление дискуссии, обеспечивать соблюдение личностных прав студента, выслушивать аргументы за и против и объяснения к ним, подводить итоги обсуждений и обеспечивать обратную связь. Проведение занятий с использованием данной методики – это и мотивация самостоятельной работы.

Безусловно, использование метода кейсов, как показала практика, способствует реализации потенциала человека. Применение метода кейсов в преподавании различных дисциплин привлекло студентов к разработке новых заданий. Студенты вечерней формы обучения вносили в обсуждение конкретные ситуационные задачи из практики работы на промышленных предприятиях, привлекая к обсуждению знания и опыт компетентных специалистов. Некоторые группы студентов впервые узнали об этом методе, что сразу вызвало огромный интерес и завоевало позитивное отношение к этой инновации. Обучение на практических примерах сделало возможным совместить теоретическую базу знаний и практико-ориентированную, что необходимо для подготовки современного специалиста. Анализ ситуационных кейсов, связанных с практикой, особо важен для студентов дневной формы обучения, имеющих ограниченный

опыт работы на предприятиях. Применение данной технологии обучения позволило раскрыть творческий потенциал участников ситуационного анализа, их лидерские качества, продемонстрировать работу в команде, сплоченность в коллективе, способствовало приобретению знаний и практических навыков, выявлению личностных и общепрофессиональных качеств. Метод кейсов можно использовать в преподавании различных дисциплин, он является эффективным при любых формах проведения занятий, в том числе при дистанционном обучении.

Учитывая вышеизложенное, данная инновационная методика кейсов в системе инженерного образования, несомненно, является эффективной в формировании профессиональных компетенций будущего специалиста современного общества.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Evans, D. How to Write a Better Thesis or Report / D. Evans. – Melbourne : Melbourne University Press, 1995. – P. 73–87.
2. Долгоруков, А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения [Электронный ресурс] / А. Долгоруков. – Режим доступа: [http://www.vshu.ru/lections.php?tab\\_id=3&a=info&id=2600](http://www.vshu.ru/lections.php?tab_id=3&a=info&id=2600).
3. Гаврилова, И. Л. Применение метода кейсов в преподавании технических дисциплин / И. Л. Гаврилова // Инновационные технологии в современном образовании : материалы VI Междунар. науч.-практ. интернет-конф., Королев. – Королев : Россия, 2018.
4. Гаврилова, И. Л. Организация практических занятий в системе современного образования на основе метода кейсов / И. Л. Гаврилова // ТехноОБРАЗ'2019 : материалы XII Междунар. научн. конф. – Гродно : ГрГУ, 2019.

УДК3 78.637.001.76

### **КОНСТРУИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ**

**В. И. Гладковский, А. И. Пинчук**

*г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»*

Традиционный методический подход, основанный на решении «изолированных», не связанных между собой какой-либо значительной идеей задач, способствует возникновению существенных пробелов в знании изучаемых тем. Представляется, что решению этой проблемы в немалой степени могут содействовать так называемые комплексные задачи, поскольку физика сама по себе является наукой комплексного типа и поэтому не приемлет догматического изучения материала кусками и отрывками.

И теория, и опыт преподавания подтверждают, что для полного усвоения обычно требуется решить не одну, а целую серию задач, освещающих изучаемую тему с разных сторон [1]. Не подлежит сомнению, что качество образования полностью раскрывается через качество полученных результатов, а также условий, специально сконструированных для их достижения. Именно поэтому комплексные задачи позволяют получить требуемую совокупность знаний, умений и навыков посредством усвоения разных способов деятельности.

Обычно под комплексной задачей понимается перечень заданий по конкретной теме или разделу, решение которых дает возможность студенту понять,



какие именно знания он приобрёл во время прослушивания лекционного материала, а преподавателю позволяет оценить уровень и системный характер этих знаний. Мы считаем, что подобный перечень заданий не может быть простым «механическим» набором разрозненных физических проблемных ситуаций. Поэтому задания должны подаваться системно и дифференцированно, с учетом различного уровня знаний, компетенций и умений у разных студентов.

Такие задачи для своего решения требуют применения многих физических законов и закономерностей из изучаемого раздела физики. Они могут также использоваться для углубления знаний учащихся, расширения их представления о взаимосвязи физических явлений, для тематической проверки знаний и умений, полноты понимания изученного материала. В рамках одной такой комплексной задачи рассматривается совокупность вопросов, задач или заданий, объединенных вокруг одного связующего звена (объекта, темы), требующих для их выполнения знаний и умений из разных разделов одного тематического раздела курса физики.

Физические задачи, как известно, отличаются друг от друга главным образом по содержанию и дидактическим целям. Их можно условно классифицировать, например: 1) по уровню сложности; 2) по способу выражения условия; 3) по основному методу решения.

Простыми можно считать, например, задачи, предполагающие использование в решении одной-двух формул, формулирование одного-двух выводов, истолкование готовых формул, выполнение простого эксперимента. Подобные задачи иногда называют тренировочными, с них часто начинают закрепление нового материала. Комплексные задачи требуют использования при решении нескольких физических закономерностей, часто из разных разделов физики, формулирования нескольких выводов и определенного навыка в эксперименте.

По основному способу выражения условия физические задачи классифицируют на текстовые, экспериментальные, графические и задачи-рисунки. Однако такое разделение, конечно же, условно: например, текст многих задач сопровождается рисунком или схемой.

Комплексные задачи способствуют формированию логического мышления и творческих способностей учащихся. Комплексная задача содержит в себе несколько простых задач. В ней логически объединены те закономерности, величины, формулы и законы, которые применяются в простых задачах.

Деление комплексных задач на подзадачи может быть проведено по нескольким признакам [2, 3]. Основные критерии, по которым может быть осуществлено деление сложной задачи на подзадачи, могут быть следующие:

- а) по числу разделов (или нескольких тем из одного раздела) физики, представленных в задаче;
- б) по числу искомых величин, параметров, которые необходимо найти по ходу решения задач;
- в) по количеству исследуемых объектов, свойств объектов, явлений и процессов;
- г) по числу и виду стандартных ситуаций, на основе которых построена задача;
- д) по числу приемов решения задачи, необходимых действий для ее решения;

е) в зависимости от того, на сколько частей можно разбить исходную модель, предмет, явление.

Известно, что для более эффективного обучения необходимо следовать принципу «от простого к сложному», индивидуализировать задания в соответствии со способностями и уровнем знаний учащихся. Поэтому предлагаемые нами задачи имеют три уровня сложности: 1) задания базового уровня сложности; 2) задания повышенного уровня сложности; 3) задания высокого уровня сложности. Степень сложности задания возрастает с увеличением его порядкового номера. Задания базового уровня, по сути, представляют собой типовые задачи по физике, предусматривающие деятельность учащихся по конкретизации в стандартной ситуации общего алгоритмического предписания к их решению. Они могут быть решены учащимися самостоятельно. Задания повышенного уровня сложности решаются под руководством преподавателя. Задания высокого уровня сложности требуют от учащихся углубленного знания теории по данному разделу физики, тщательного анализа, творческого подхода и нестандартного мышления.

При этом встает вопрос о создании и использовании методических материалов, которые позволяют избежать заимствования готовых решений, максимально заинтересовать студента и мотивировать его к самостоятельной работе. Одним из вариантов подобных заданий является решение комплексных задач, составленных по принципу комплексного сочетания основных тем программы курса физики. Необходимость более глубоко ознакомиться с темами дисциплины и отсутствие типового, легко транслируемого решения создают предпосылки возникновения интереса у студентов, что значительно повышает качество выполнения заданий, приносит удовлетворение выполненной работой и в дальнейшем стимулирует внимательность, организованность и ответственность студентов.

Следует отметить, что, несмотря на системность и последовательность предлагаемых в комплексной задаче заданий, каждое из них может быть использовано в качестве отдельной самостоятельной задачи, предлагаемой учащимся в качестве контрольной работы на практических занятиях. Наш опыт показал большую роль способа обучения учащихся умению решать задачи по физике, требующих комплексного применения знаний и умений. Использование комплексных задач также позволяет проверить навыки комплексного использования знаний и умений из различных разделов курса физики.

Активно используемые в ходе учебного процесса комплексные задачи на кафедре физики БрГТУ предназначены для повышения уровня образования, закрепления теоретических знаний и отработки практических навыков, учитывающих индивидуальные особенности студентов.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лаврентьев, Г. В. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов Ч. 1 / Г. В. Лаврентьев, Н. Б. Лаврентьева. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2002. – Ч. 1. – 156 с.
2. Беликов, Б. С. Решение задач по физике. Общие методы / Б. С. Беликов. – М. : Высшая школа, 1986. – 256 с.
3. Шиянов, Е. Н. Развитие личности в обучении : учеб. пособие для студ. пед. вузов. / Е. Н. Шиянов, И. Б. Котова. – М. : Издательский центр «Академия», 1999. – 288 с.

УДК 537.633.2:004.4'6

## **MATLAB КАК СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ**

**А. А. Григорьев**

*г. Минск, Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники*

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 программное обеспечение, которое может являться средой общения, редактирования математических объектов, моделирования процессов и средством презентации материала в лекционном режиме.

Для технологизации процесса подготовки студентов предлагается использовать *MATLAB* – пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования. Данный пакет ориентирован на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением. *MATLAB* предназначается для проектирования систем управления и во многих других научных и инженерных областях, используется в сложных проектах, чтобы визуализировать результаты математического моделирования. *MATLAB* достаточно удобно использовать в образовании, в частности, для преподавания линейной алгебры и численных методов.

В качестве прикладной задачи рассмотрим построение численной модели движения частиц с одним типом заряда в скрещенных электрическом и магнитных полях, что является модельной задачей для эффекта Холла. Для визуализации физических процессов воспользуемся следующими возможностями *MATLAB*: решение системы дифференциальных уравнений, построение интерполяционных кривых для функций координат и скоростей, построение анимированных графиков пространственных положений заряженных частиц.

Для численного решения системы дифференциальных уравнений, применим метод Рунге-Кутты 4-го порядка, которому в среде *MATLAB* соответствует встроенная функция:

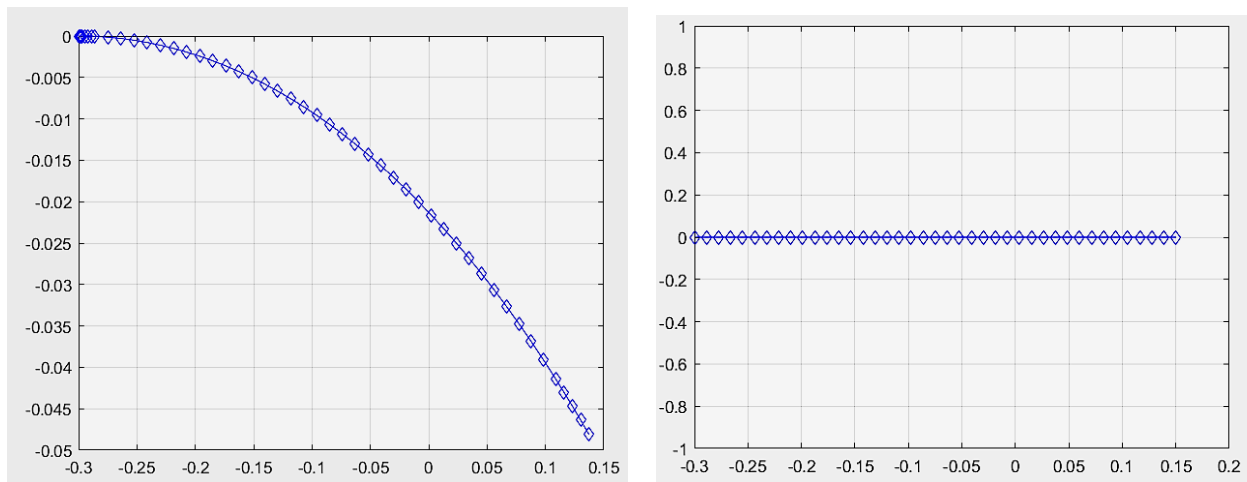
$$[t, F] = \text{ode45}(\text{@right}, tspan, F0),$$

где  $F0$  – вектор начальных скоростей и координат;  $tspan = [0, 0.45]$  – начальное и конечное значения времени;  $@right$  – векторная функция, составленная из выражений правых сторон системы дифференциальных уравнений для проекций скоростей и координат. Временной интервал и количество разбиений  $N$  специально подбираются таким образом, чтобы при данных значениях первоначальных величин  $q, m, E, B$  можно было наблюдать необходимую нам картину, в данном случае момент, когда траектория заряженной частицы только касается электрически заряженной поверхности проводника (конденсатор).

Для анализа траектории движения частицы перейдём от векторной формы 2-го закона Ньютона к системе дифференциальных уравнений 1-го порядка для проекций скоростей и координат:

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{q \cdot B \cdot v_y}{m}, \quad \frac{dv_y}{dt} = \frac{q}{m} (B \cdot v_x - E), \quad \frac{dv_z}{dt} = 0, \quad \frac{dx}{dt} = v_x, \quad \frac{dy}{dt} = v_y, \quad \frac{dz}{dt} = v_z$$

На рисунке 1 представлены траектории движения заряженных частиц в зависимости от величины напряжённости поперечного электрического поля  $E$ . Приведённые формы траекторий являются фрагментами анимационного процесса в среде *MATLAB*. Параметром анимации является шаг наращивания величины напряжённости электрического поля.



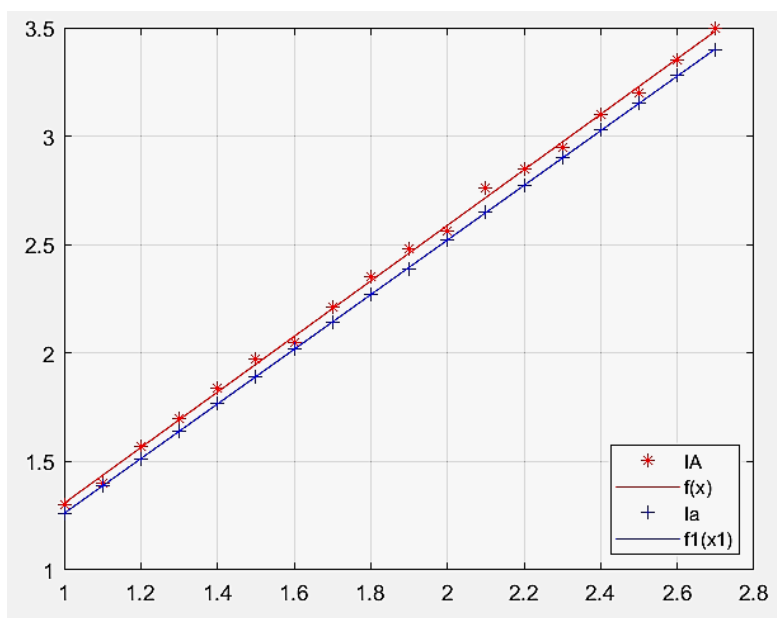
**Рисунок 1 – Форма траектории движения заряженных частиц при значениях напряжённости электрического поля 0 В/м и 0,25 В/м, соответственно**

Из рисунков следует, что чем больше значение напряжённости электрического поля, тем слабее смещение частицы по оси  $OY$ . Перейдём к определению величины поперечного тока. Данный ток создаётся частицами, попадающими на стенки проводника, а его величина определяется потоком вектора плотности тока.

$$I = \int_0^{S_a} \vec{j} d\vec{S},$$

где  $\vec{j} = qn_e \cdot \vec{v}$ ,  $d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$ ,  $n_e$  – концентрация частиц,  $\vec{v}$  – скорость частиц.

Наша задача состоит в построении графиков зависимости поперечного тока от тока в проводнике и получении интерполяционных функций для них. Аппроксимация в *MATLAB* по методу наименьших квадратов осуществляется с помощью встроенной функции *polyfit*.



$f(x)$  – интерполяционная кривая для модельных значений;

$f1(x1)$  – интерполяционная кривая для экспериментальных значений.

**Рисунок 2 – Графики зависимости поперечного тока от тока в проводнике и интерполяционные кривые для модельных и экспериментальных данных**

Наблюдаем хорошее совпадение результатов моделирования и эксперимента.

Информационные технологии в техническом университете дают возможность использовать компьютерные системы не только как средство обучения, но и как средство усиления интеллекта студентов, улучшения их развития. Эти системы используются как средства управления учебным процессом и презентации учебного материала и, кроме того, – как средство телекоммуникации.

УДК 53.005:378.147.227

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФРОНТАЛЬНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ ЗАДАЧ В ДИСЦИПЛИНАХ ФИЗИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ**

**Т. Л. Кушнер**

*г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»*

Согласно основным концептуальным подходам, дальнейшее совершенствование системы образования в Республике Беларусь исходит из национальных интересов и потребностей экономики страны. Стратегическая цель – опираясь на лучший педагогический опыт, с учетом основных тенденций развития мирового образовательного пространства, сформировать качественную систему об-

разования, в полной мере отвечающую потребностям экономики и принципам устойчивого развития.

В формировании инновационной экономики и ее конкурентной среды система образования должна обеспечить соответствие получаемых знаний и навыков быстроменяющимся требованиям со стороны общества, техники и технологий, развитию личной инициативы и адаптируемости человека, благодаря которым расширяются его возможности генерировать идеи, создавать инновационный продукт.

В числе основных приоритетов образовательной политики государства, являющейся важным фактором устойчивого развития общества – применение инклюзивного подхода в образовании, который позволит обеспечить реализацию права граждан на получение качественного образования и социальную интеграцию.

Образовательное пространство все более трансформируется из «школы преподавания» в «школу мышления». Основная цель высшего образования – подготовить специалиста не только знающего, но и умеющего применить свои знания. В современном мире с понятием «образование» неразрывно связаны понятия «обучение», «воспитание», «развитие». Рассмотрим несколько аспектов подготовки специалистов в техническом вузе по дисциплинам физической направленности.

Физика как наука в системе современного образования может решить две взаимосвязанные задачи. Первая состоит в том, что без усвоения законов физики невозможна успешная инженерная деятельность в области техники и технологий. Другая задача – развитие интеллектуальных качеств и формирование у обучающихся навыков самостоятельной работы.

Одним из методов усвоения законов физики как теоретической основы инженерных дисциплин являются фронтальные задачи. Особенность таких задач – единое условие для всех студентов группы и многовариантность численных значений задаваемых и неизвестных величин. На примере таких задач можно изучать основополагающие законы физики на практических занятиях, проводить контрольные работы, применять их для защиты лабораторных работ. В условиях, когда новыми стандартами образования предполагается уменьшение количества часов для практических занятий, а для некоторых специальностей и полное их исключение, фронтальные задачи помогают методически правильно организовать управляемую самостоятельную работу для каждого студента, а обучающему и обучающемуся в системе «преподаватель–студент» выступать как равные и взаимно заинтересованные в успехе субъекты.

В качестве примера пособия, содержащего фронтальные задачи, можно привести сборник задач по физике Ветровой В. Т., предназначенный для студентов технических специальностей вузов. Его отличительная особенность – описание общей ситуации, на основании которой можно сформулировать большое количество конкретных задач. Автор отмечает, что «каждый студент должен разобратся в общей физической ситуации, описанной в условии задачи, четко представить свое индивидуальное задание ... и только после этого приступить к решению задачи» [1, с. 4]. Впечатляет количество составленных задач: более двухсот с двадцатью восьмью вариантами численных значений по двадцати че-

тырем разделам.

На кафедре физики Брестского государственного технического университета (БрГТУ) подобные фронтальные задачи применяются также при обучении студентов в рамках общепрофессиональной дисциплины «Техническая термодинамика», в курсе «Радиационная безопасность».

Проблема качества знаний является одной из наиболее актуальных в образовании. На примере дисциплины «Физика» можно констатировать тот факт, что главной характеристикой полученных в процессе обучения физических знаний является их осознанность. В процессе изучения физики на этапе получения общего среднего образования учащиеся в основном сталкиваются с воспроизведением и использованием сформированных (опорных) знаний. Обучение студентов физике в высшей школе должно быть нацелено на осмысление тех знаний, которые им предстоит освоить.

Одним из важнейших факторов повышения качества подготовки специалистов в учреждениях высшего образования, в том числе и по дисциплинам физического профиля, является внедрение в учебный процесс новых образовательных технологий, направленных на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей студентов, переход от поточного к личностно ориентированному обучению.

В курсе общей физики, например, одним из типов задач, с помощью которых можно развивать творческий потенциал студентов и создавать многоуровневые задания, являются «Комплексные задачи по физике», разработанные доцентом Чопчицем Н. И. и применяемые на кафедре физики БрГТУ. По мнению самого автора, поливариантность постановки задач дает возможность студенту самостоятельно выбрать степень сложности задания, соответствующую уровню его теоретической подготовки [2, с. 5].

Для эффективного ведения учебного процесса должны быть учтены начальный уровень образования студента, его способности. На кафедре физики Брестского государственного технического университета на протяжении многих лет в преподавании дисциплин физической направленности используются уровневые образовательные технологии, а также рейтинговая система контроля и оценки знаний студентов.

Четкое разграничение материала, как правило, по трем уровням сложности и выделение обязательного поля знаний по предмету является мощным стимулом и дополнительной мотивацией к обучению не только для хорошо успевающих студентов, но и для тех, кому трудно усвоить курс общей физики. Уровневая методика позволяет успешно проводить корректировку начальных знаний (школьного образования) у первокурсников, что способствует адаптации студентов при обучении на первой ступени высшего образования. Благодаря уровневому подходу у студентов развивается умение планировать, анализировать и оценивать свою образовательную деятельность.

Оценка каждого вида работы в баллах (не обязательно по десятибалльной шкале) позволяет не только преподавателям оценить студента, но и последнему дать количественную оценку своим знаниям. Рейтинговая система оценки знаний – это важный фактор включения студента в активную учебную и познава-

тельную деятельность, повышения его образовательного уровня по предмету. Формирование рейтинговой оценки происходит в течение всего семестра, причем, дважды в семестре студенты видят свои промежуточные результаты. Итоговый рейтинг, как правило, учитывается при выставлении итоговой экзаменационной оценки.

Следует отметить, что естественнонаучное, в частности физическое образование, является методологической основой некоторых общепрофессиональных, специальных дисциплин технического вуза. Физика – это наука не только для описания и изучения природных объектов и процессов, но и фактор, формирующий стиль мышления будущих инженеров.

При организации учебного процесса в учреждениях высшего образования, с соблюдением разумного баланса между традиционными и инновационными подходами, фронтальные и комплексные задачи могут хорошо вписаться и в образовательный процесс, в котором применяются компьютерные обучающие технологии, дистанционные формы обучения.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ветрова, В. Т. Физика: сборник задач : учеб. пособие / В. Т. Ветрова. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 443 с.
2. Чопчиц, Н. И. Комплексные задачи по физике / Н. И. Чопчиц. – Брест : Изд-во БрГТУ, 2014. – 108 с.

УДК 53(077)

### **ВНЕДРЕНИЕ ПРОБЛЕМНОГО МЕТОДА В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ФИЗИКЕ**

**С. А. Лукашевич, А. Н. Купо, А. А. Гузовец**

*г. Гомель, УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»*

Одним из конкретных выражений нового информационно-поискового характера учебного процесса является проблемное обучение, которое постоянно применяется в повседневной практике преподавателей как средней школы, так и высшей.

Проблемное обучение – это один из видов активного обучения студентов, оно побуждает их к активизации познавательного процесса в обучении физике. Формирование проблемы, обдумывание ее, решение, анализ и уточнение, переформулировка – все эти элементы встречаются в научном познании, при изучении той или иной науки. Поэтому методы проблемного обучения являются важной составной частью педагогического мастерства преподавателя.

В преподавании курса общей физики методы проблемного обучения используются во всех видах учебной деятельности: на лекциях, практических и лабораторных занятиях. Включение элементов проблемности при чтении лекций может быть разнообразным. В одних случаях проблемность встречается фрагментарно, наряду с другими методами. В других случаях она может быть ведущим принципом обучения. Чтение лекции в данном случае осуществляется



по некоторой схеме, каждая часть которой предполагает мыслительную деятельность студента.

Опишем схему введения проблемного метода, применительно на лекциях:

1. Общее описание явления. Здесь необходимо рассказать об историческом открытии, экспериментальных фактах, о предлагаемых гипотезах по обеспечению того или иного процесса познания, ввести основные методы индукции и дедукции в образовательном процессе, о проявлениях физических законов в природе и т. д.

2. Объяснив физическое явление, входящее в основу физической теории, необходимо задать студентам вопросы: какими характеристиками это явление описано? Обсуждение особенно полезно при введении сложных характеристик, например, для описания теплового излучения, когда вводит спектральную плотность потока.

3. После введения характеристик необходимо перейти к изложению законов, правил, взаимных зависимостей величин. Очень хорошие результаты дает использование «физических» приемов – «конструирование» результата, т. е. так называемые общие соображения, метод размерностей, метод симметрии, а также использование аналогий и обратных методов. Рассмотрим некоторые примеры использования этих приемов.

Конструирование результата поясним на примере вывода кориолисовой силы инерции. Рассмотрение движущейся точки показывает, что в неинерциальной системе отсчета на нее действует сила инерции, записываемая в виде:

$$F = 2m \mathbf{v} \times \mathbf{w}. \quad (1)$$

Как теперь записать эту силу, чтоб и учесть не только ее величину, но и направление? В формуле имеются векторы скорости  $\vec{v}$  и ускорения  $\vec{w}$ . Используя закон векторного произведения, можно получить силу Кориолиса в векторном виде:

$$\vec{F} = 2m[\vec{v} \times \vec{w}]. \quad (2)$$

Одновременно обращаем внимание студентов на то, что сила  $\vec{F}$  направлена перпендикулярно плоскости, построенной на векторах скорости и ускорения, т. е. отличаем ее геометрический смысл.

Справедливость данной формулы объясняет ряд особенностей движений, происходящих на земле.

Одним из примеров использования аналитического метода и метода конструирования дает «запись» закона Био – Савара – Лапласа для магнитной индукции проводника с током. Основной вопрос, который необходимо задать студентам: от чего зависит индукция магнитного поля создаваемого проводником с током? Очевидно, от характеристики элемента тока  $I d\vec{l}$  и положения точки, определяемой радиусом-вектором  $\vec{r}$ , т. е.  $d\vec{B} = f(I, d\vec{l}, \vec{r})$ .

Далее необходимо записать данный закон в векторном виде:

$$d\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{I[d\vec{l} \times \vec{r}]}{r^3}. \quad (3)$$

Одновременно необходимо показать запись закона Био – Савара – Лапласа для замкнутого тока:

$$\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \oint \frac{I[d\vec{l} \times \vec{r}]}{r^3}. \quad (4)$$

А для объемных токов закон Био – Савара – Лапласа имеет вид:

$$\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \int_V \frac{\vec{j} \times \vec{r}}{r^3}. \quad (5)$$

В этом случае показываем, что здесь интегрирование производится по всем областям пространства, где имеются объемные токи, характеризующиеся плотностью тока  $\vec{j}$ .

Воспроизведение формулы студентом легко вспоминается, если ему необходимо при этом использовать какие-то мнемонические правила, которые плодотворно влияют на запоминание.

Метод размерностей широко применяется в физике.

Метод симметрии – излюбленный метод получения простых физических результатов. Он используется, например, при решении всех задач на применение теоремы Гаусса постановкой вопроса: как может быть направлена напряженность поля, создаваемого заряженными проводником, плоскостью, шаром?

Освещение задачи можно продемонстрировать на примере опытов Эйнштейна – де Гааза по определению спин-орбитального отношения. Студенты сами могут сформировать постановку задачи и наметить путь осуществления опытов Барнетта после формулирования этих опытов преподавателем.

4. Затем необходимо аналогично рассмотреть вопросы о включении явления в историческое развитие физики, когда рассматриваемое явление могло быть открыто, на какие факты, понятия оно должно было опираться? Открытие каких явлений оно, в свою очередь, подготовило? Какое дальнейшее развитие оно могло получить? Каковы границы применимости описания этого явления? Где и как применяется и как может быть применено?

Использование методов проблемного обучения на практических занятиях особенно эффективно на занятиях, завершающих тему, когда студент уже «чувствует» материал темы в целом. На таких занятиях прекрасные результаты дает решение задач (софизмов и разбор парадоксов, например, парадокса о силе Лоренца).

Широкий простор для постановки проблемных вопросов дают лабораторные занятия. В опытах Франка и Герца получено, что при напряжениях выше 5В атомы принимают энергию от электронов. Физическую наблюдательность формируют вопросы типа: появилось ли при таких напряжениях свечение газа?

Студент должен сообразить, что это свечение не будет видно на фоне света накаленной нити, и, кроме того, оно лежит в невидимой области спектра.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хайкин, С. Э. Физические основы механики / С. Э. Хайкин. – М. : Физматлитгиз, 1963. – 772 с.
2. Матвеев, А. Н. Электричество и магнетизм / А. Н. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1983. – 463 с.

УДК 53(077)

## **МЕТОДИКА ИЗЛОЖЕНИЯ ТЕМЫ «ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ»**

**С. А. Лукашевич, В. Р. Куриленко, А. А. Гузовец**

*г. Гомель, УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»*

В программу курса физики для специальности «Автоматизированные системы обработки информации» (АСОИ) входит раздел «Квантовые свойства электромагнитного излучения». Одним из вопросов этого раздела является тема «Тепловое излучение». Учитывая малое число часов на весь курс физики, нам необходимо было методически грамотно изложить эту тему, вывести законы теплового излучения и дать объяснение этих законов на основе квантовой теории.

Если имеется несколько тел, нагретых до различной температуры и помещенных в полость с идеально отражающими стенками, то при этом более нагретые тела будут охлаждаться, т. к. они испускают больше энергии, чем получают от окружающих тел, а менее нагретые будут нагреваться, так как они получают больше энергии, чем отдают. В результате все пространство внутри полости будет дополнено лучистой энергией за счет испускания электромагнитных волн этими телами.

Опыт показывает, что в конце концов все тела приобретают одинаковую температуру, т. е. поглощают ровно столько энергии, сколько отдают ее, а плотность излучения в пространстве между телами достигает определенный для данной температуры величины, т. е. наступает термодинамическое равновесие.

Этот факт настолько широко известен, что кажется совершенно естественным выводом из законов классической физики, а, между тем, если задуматься глубже, то он совершенно непонятен именно с точки зрения классической физики.

В данном случае возникает проблема, которую необходимо разрешить в ходе лекции, т. е. мы пришли таким образом к поразительному выводу: при термодинамическом равновесии между колеблющимися атомами вещества и электромагнитным излучением почти вся энергия сосредоточена в колеблющихся атомах и лишь ничтожная часть ее приходится на излучение.

Затруднение, которое возникло в связи с проблемой теплового излучения, состоит именно в том, что, как оказывается, согласно классической физике в случае электромагнитного излучения материальных тел в замкнутой полости вся энергия должна перейти к электромагнитному полю, а это противоречит опыту.

Для объяснения законов теплового излучения нам необходимо ввести две важные характеристики: испускательную и поглощательную способность тела, а также показать, что между ними имеется определенная связь.

Первый крупный шаг в практическом исследовании равновесного излучения был сделан Кирхгофом. Он ввел в употребление понятие «абсолютное черное тело».

Согласно закону Кирхгофа для всех тел отношение испускательной способности  $r_\lambda$  и поглощательной способности  $a_\lambda$  есть одна и та же функция от длины волны и температуры:

$$\frac{r_\lambda}{a_\lambda} = f(\lambda, T) = f(\nu, T). \quad (1)$$

Дальнейшая задача заключается в раскрытии явного вида функции  $f(\lambda, T)$ .

Учитывая, что для абсолютного черного тела  $a_\lambda = 1$ , то  $r_\lambda = f(\lambda, T) = f(\nu, T)$ .

Теоретически универсальная функция  $f(\lambda, T)$  была получена Рэлеем и Джинсом [1], исходя из требования статистической физики о равномерном распределении энергии по степеням свободы.

Хотя формула Рэля – Джинса получена проверенными методами классической физики, она ведет к очевидному абсурду. Если вычислить по этой формуле интегральную плотность излучения (на всех частотах от 0 до  $\infty$ ), то она равна бесконечности.

Напоминаем, опыт дает нам, что интегральная энергетическая светимость абсолютно черного тела:

$$R_\nu = \sigma T^4. \quad (2)$$

Этот закон носит название закона Стефана – Больцмана. Постоянную Стефана – Больцмана  $\sigma$  студенты определяют с помощью пирометра на лабораторных занятиях, т. е.  $R_\nu = 0$ .

Это означает, что равновесие между материальными телами и излучением наступит только при бесконечной плотности излучения. Другими словами, атомы излучающегося тела должны были бы излучать энергию до тех пор, пока их температура не упала бы до абсолютного нуля.

Однако этот результат самым резким образом противоречит опыту, который показывает, что равновесие между излучением и его источниками (атомами вещества) возможно при любой температуре и что при этом равновесии, как раз наоборот, плотность энергии излучения очень мало по сравнению с плотностью энергии в веществе.

При переходе же к более коротким волнам формула Рэля – Джинса резко расходится с результатом опыта («ультрафиолетовая катастрофа»).

Выход из «фиолетовой катастрофы» был дан Планком. Он сделал предположение, совершенно чуждое классическим представлениям, а именно: положить, что свет испускается в виде отдельных порций энергии

$$\varepsilon = h\nu,$$

где  $\nu$  – частота излучения,

$h$  – квант действия, постоянная Планка.

При этом Планк получил формулу для спектральной плотности энергетической светимости:

$$r_{\lambda, T} = f(\lambda, T) = 2\pi h c^2 \frac{\lambda^{-5}}{e^{hc/kT\lambda} - 1}. \quad (3)$$

Установление формулы Планка знаменовало глубокий разрыв с классической теоремой о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Из формулы Планка следует, что не одинаково для стоячих волн с различными частотами и убывает с ростом частоты  $\nu$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев, И. В. Курс общей физики : в 5 т. / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1987. – Т. 3. – 317 с.
2. Зисман, Г. А. Курс общей физики : в 3 т. / Г. А. Зисман, О. М. Годес. – М. : Наука, 1970. – Т. 3. – 496 с.

УДК 378.147:53

### КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАНИЯ В САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

**К. М. Маркевич**

*г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»*

Современное образование направлено на то, чтобы выводить обучаемого на уровень самообучения. Это предполагает формирование у студентов навыков добывания знаний, их анализа, синтеза, переноса, систематизации со знаниями других разделов физики и дисциплин и др. Решение этих задач реализуется, в том числе, и в самостоятельной работе студентов; причем, эффективность последней зависит от учебно-методического материала дисциплины. В связи с этим представляется интересным «новый подход к повышению эффективности самостоятельной работы студентов», предложенный Н. И. Чопчицем, автором «Комплексных задач по физике» [1]. Рассмотрим некоторые аспекты использования этого дидактического материала по физике в обучении студентов в БрГТУ.

Сборник задач [1] отражает учебные программы физики технического вуза и может быть использован для разных специальностей. Чтобы студент усвоил конкретную тему, ему необходимо самостоятельно решить как можно больше задач по изучаемому материалу. При существующей учебной нагрузке в инженерном образовании не каждый студент найдет на это время. Обязательное выполнение расчетной работы частично решает эту проблему. Однако с помощью дидактического материала [1] и рейтинговой системы оценки знаний [2] можно создать условия для активизации познавательной деятельности студентов в изучении физики.

В издании 9 комплексных задач по всем разделам физики. Каждая комплексная задача разделяется на задания (подзадачи), число которых доходит до 10. На основе исходного условия задачи студент изучает тему (несколько тем), при этом решение предыдущей подзадачи является условием для решения последующей. При использовании [1] для организации расчетных работ все студенты учебной группы получают одну задачу, но разных вариантов, отличающихся физической моделью, в виде рисунка, и численными данными, что позволяет

выдавать индивидуальное задание каждому студенту. Преподаватель определяет обучаемым обязательное число заданий, которые они должны выполнить. Нереально задавать все имеющиеся в сборнике задания по изучаемой теме. У студента появляются задания, которые он может выполнить сверх обязательных. Решение дополнительных заданий будет более эффективным, если в обучении использовать рейтинговую систему оценки знаний [2], в соответствии которой учебные успехи студентов в семестре учитываются в их экзаменационной отметке по дисциплине.

Еще одна особенность издания Н. И. Чопчица. Состояние учебного процесса по физике в вузе таково, что студенты разных инженерных специальностей начинают изучать дисциплину в разных семестрах. Имеются специальности, в которых физика начинается в первом семестре вузовского обучения, но есть и такие, в которых физика начинается позже. Студенты, начинающие изучать физику сразу после школы, незнакомы с основами интегрально-дифференциального исчисления. Задачи по физике [1] разделяются на те, которые требуют знаний интегрально-дифференциального исчисления, и те, которые позволяют преподавателю обойтись без этого метода. Если исходить из того, что преподавание физики в вузе имеет одну из основных целей – формирование творческого уровня мышления у студента в научно-технической сфере, – то задачи Н. И. Чопчица позволяют обучаемых выводить на этот уровень деятельности, независимо от того используется при решении задачи интегрально-дифференциальный метод, либо достаточно школьного уровня знаний и начального вузовского обучения по физике.

Комплексные задания по физике по своей форме являются мини-проектными заданиями, по сравнению с проектными заданиями, которые выполняют студентами при изучении профессиональных (общепрофессиональных дисциплин). Использование комплексных заданий по физике позволяет на более раннем этапе обучения в вузе включать студентов младших курсов в формы проектной деятельности. Это важно, поскольку подготовка инженерных специалистов предполагает формирования у них навыков и умений этого вида деятельности. И чем раньше студент познакомится с основами проектной деятельности, тем легче будет ему осваивать высшую форму инженерной работы.

Опыт применения комплексных задач как учебно-методического материала в обучении физике для расчетных работ показывает, что их использование следует рассматривать как еще одну возможную технологию обучения, поскольку для эффективного использования сборника задач Н. И. Чопчица необходима «подстройка» лекционных и практических занятий под выполнение студентами расчетных работ. Это связано с тем, что задачи имеют высокий научный уровень для всех тем сборника задач. Многие задания могут использоваться как олимпиадные для вузовской олимпиады по физике.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Чопчиц, Н. И. Комплексные задачи по физике / Н. И. Чопчиц. – Брест : БрГТУ, 2014. – 108 с.
2. Маркевич, К. М. Педагогический потенциал рейтингового контроля знаний студентов / К. М. Маркевич // Высшая школа. – 2006. – №1. – С. 27–29.

УДК 372.853

## К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ МАССЫ ЧЕРЕЗ УРАВНЕНИЕ МАССОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**В. А. Плетюхов, А. И. Серый**

*г. Брест, УО «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина»*

В литературе уже не одно десятилетие [1, с. 151–152, 338–342; 2; 3, с. 22–24] ведутся споры о подходах к изложению специальной теории относительности (СТО), причем «краеугольным камнем» в каждом случае является, как правило, вопрос о трактовке такой важнейшей физической величины, как масса. В частности, существуют подходы, в которых предлагается использовать только скалярную инвариантную массу  $m_0$ . Но даже в этом случае ее трактовка (и, соответственно, методика изложения основ СТО) может варьироваться.

В одном из таких подходов, который предлагают специалисты в области физики элементарных частиц (ФЭЧ), масса определяется через уравнение массовой поверхности (УМП)

$$E^2 - \vec{p}^2 c^2 = m_0^2 c^4, \quad (1)$$

где величины  $E$  и  $\vec{p}$  должны быть каким-либо образом измерены; они представляют собой суммарную полную энергию и суммарный импульс частиц, участвующих в реакции с рождением данной частицы с массой  $m_0$ . В любых иных подходах к изложению СТО это уравнение не берется в качестве определяющего для массы, но выводится из других соотношений, принятых за исходные.

В качестве обоснования указанного подхода (вплоть до обязательного внедрения его в средние и высшие учебные заведения) обычно выдвигаются следующие аргументы. 1. В ФЭЧ (по сравнению с физикой других объектов) в наибольшей степени проявляется экспериментальное подтверждение СТО и в наибольшей степени востребован математический аппарат СТО (прежде всего – уравнения релятивистской динамики). 2. На УМП, как правило, основан единственный способ определения массы нестабильных элементарных частиц (а они в подавляющем большинстве нестабильны).

Не подвергая сомнению смысловое содержание самих аргументов, можно подвергнуть сомнению само утверждение о том, что они в совокупности являются достаточным основанием для использования УМП в качестве определения массы в СТО. Соответствующие контраргументы приведены ниже. Их также можно частично обобщить в виде таблицы 1 (для тех, кто предпочитает такую форму структуризации материала).

1. Вопрос о массе имеет отношение не только к формулам релятивистской динамики (следствием которых является УМП при традиционном подходе к изложению СТО), но и к такому явлению, как дефект массы; т. е. предмет исследования СТО не ограничивается эффектами, происходящими при релятивистских скоростях.

2. Дефект массы как релятивистский эффект наиболее характерен для атомных ядер (хотя точность современных измерений позволяет обнаружить его и на уровне химических реакций), движение которых вовсе не обязательно должно описываться релятивистскими уравнениями; таким образом, элементарные частицы – это не единственные представители микромира, на которых отчетливо проявляются релятивистские эффекты; кроме того, на макроскопическом уровне это учитывается как в ядерной энергетике, так и в теории эволюции звезд.

3. Даже среди самих элементарных частиц есть стабильные (прежде всего, протон и электрон), масса которых определяется совсем иным способом (например, масс-спектрометрическим с последующим независимым определением заряда), поскольку это гораздо удобнее; аналогичные способы пригодны и для атомных ядер; таким образом, массу многих объектов (пусть и не относящихся к короткоживущим), по отношению к которым проявляются эффекты СТО, удобнее определять без использования УМП.

4. Величины, входящие в левую часть УМП (1), не могут напрямую относиться к той же самой частице, масса  $m_0$  которой определяется, т. к. неизвестен способ прямого измерения  $E$  и  $\vec{p}$  для частицы с неизвестной массой; эти величины могут относиться только к другим частицам, участвующим в реакции с образованием данной частицы; но тогда если их массы, в свою очередь, тоже определяются из УМП, то в каком-то звене такой последовательности определения масс должны оказаться частицы (или другие микрообъекты), массы которых определяются иным способом; если бы пришлось определять через УМП массу макроскопического тела, то по аналогичной причине пришлось бы учитывать его взаимодействие с другими телами для определения  $E$  и  $\vec{p}$  с аналогичными дальнейшими рассуждениями; в противном случае пришлось бы определять  $E$  и  $\vec{p}$  через массу того же самого тела, что привело бы к тавтологии; таким образом, метод определения масс через УМП (1), будучи удобным инструментом в ФЭЧ, не является самодостаточным.

5. В последние десятилетия были достигнуты успехи в области экспериментальной проверки эффектов СТО, связанных с движением (т. е. не относящихся к дефекту массы), для макроскопических объектов (причем не за счет достижения релятивистских скоростей, а за счет повышения точности измерений при скоростях, достижимых в земных условиях). При этом масса таких объектов определяется методами, совершенно отличными от методов, применяемых в микромире.

Сказанное выше позволяет утверждать, что определение массы через УМП не имеет права на абсолютизацию в рамках всей СТО, но может считаться, по крайней мере, удобным и широко применяемым «рабочим инструментом» в ФЭЧ. Здесь важно подчеркнуть, что для фундаментальной физики ценность того или иного определения заключается, прежде всего, в глубине физического смысла, отражаемого в формулировке определения, а не в практическом удобстве (которое может носить даже не фундаментальный, а, скорее, прикладной, инженерно-технический характер).



Таблица 1 – Эффекты СТО, связанные с массой, применительно к различным объектам

Объекты	Долгоживущие или стабильные атомные ядра и элементарные частицы	Короткоживущие элементарные частицы	Макроскопические тела
1.1. Эффекты, связанные с дефектом массы	дефект массы наблюдается у всех атомных ядер	сомнительна корректность самой постановки вопроса	применение в ядерных реакторах и в теории эволюции звезд
1.2. Необходимость применения уравнений релятивистской динамики	для элементарных частиц – практически всегда; для атомных ядер – только в релятивистской ядерной физике	да, всегда	реально – нет (только в задачниках по СТО, причем соответствующие задачи пока что похожи, скорее, на научную фантастику)
2.1. Основные способы нахождения массы	масс-спектрометрия и отдельное измерение заряда	через УМП (1)	с помощью весов, закона всемирного тяготения и др.
2.2. Является ли способ нахождения массы через УМП (1) допустимым	нельзя сказать, что не является, но его применение было бы неудобным	очень часто он является единственно возможным	нет, это было бы слишком грубо и непрактично (если вообще возможно)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Угаров, В. А. Специальная теория относительности / В. А. Угаров. – М. : Наука, 1977. – 384 с.
2. Окунь, Л. Б. «Релятивистская кружка» [Электронный ресурс] / Л. Б. Окунь. – Режим доступа: arXiv:1010.5400 [physics.pop-ph]. – Дата доступа: 26.02.2010.
3. Плетюхов, В. А. О формировании понятия массы в релятивистской динамике / В. А. Плетюхов // Физика. – 2018. – № 1. – С. 22–24.

УДК 372.853

## О СОХРАНЕНИИ СВОЙСТВ КЛАССИЧЕСКОЙ МАССЫ В СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

**В. А. Плетюхов, А. И. Серый**

*г. Брест, УО «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина»*

При изучении основ специальной теории относительности (СТО) студенты могут столкнуться с трудностями методического характера, связанными с различными подходами к трактовке массы. Соответствующие споры в литературе ведутся уже не одно десятилетие [1, с. 51, 52; 2, с. 151–152, 338–342], причем важным является вопрос о преемственности курса СТО по отношению к нерелятивистской механике. Это, в свою очередь, связано с вопросом о том, какие свойства классической массы следует сохранить в релятивистской физике.

Представляется целесообразным проанализировать данные вопросы в виде сравнительных таблиц, представленных ниже. Будем сравнивать следующие типы масс. I. Скалярную инвариантную  $m_0$ . II. Скалярную  $M$ , зависящую от скорости. III. Тензорную  $\mu$ , зависящую от скорости. В случае вещества эти массы связаны друг с другом следующими соотношениями:

$$M = m_0 / \sqrt{1 - \beta^2}, \quad \mu_{ij} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \left( \delta_{ij} + \frac{\beta_i \beta_j}{1 - \beta^2} \right) = M \left( \delta_{ij} + \frac{\beta_i \beta_j}{1 - \beta^2} \right). \quad (1)$$

Таблица 1 – Основные свойства разных типов масс в релятивистском случае

Тип массы	I	II	III
1. Связь между силой $\vec{F}$ и ускорением $\vec{a}$ без привлечения других величин (мера инертности)	нет	да, но только при $\vec{a} \perp \vec{v}$ ( $\vec{F} = M\vec{a}$ )	да, всегда ( $F_i = \mu_{ij} a_j$ )
2. Связь между импульсом $\vec{p}$ и скоростью $\vec{v}$ без привлечения других множителей	нет	да, всегда ( $\vec{p} = M\vec{v}$ )	нет
3. Инвариантность	да, всегда	Нет	нет
4. Пропорциональность полной энергии $E$ (без привлечения других величин)	нет	да, всегда	нет
5. Аддитивность в случае системы невзаимодействующих частиц вещества	нет	да, всегда	нет
6. Возможность охарактеризовать отдельно взятый фотон	да (всегда равна нулю)	да, всегда	нет
7. Аддитивность в случае системы фотонов	вообще говоря, нет	да, всегда	нет

Таблица 2 – Достоинства разных типов масс

1.1. Тип массы	I	II	III
1.2. Свойства в таблице 1, которые сохраняются	3 (всегда), 6 (только для отдельного фотона)	1 (в некоторых случаях), 2, 4 – 7 (всегда)	1 (всегда)
2.1. Преемственность по отношению к нерелятивистской физике может проявляться, например	при решении задач с использованием массы покоя электрона в нерелятивистском и релятивистском случаях	в сходстве записи (в обоих случаях): а) 2-го закона Ньютона через производную импульса по времени; б) 2-го закона Ньютона в «школьной» форме при $\vec{a} \perp \vec{v}$ ; в) закона сохранения массы	в сходстве записи (в обоих случаях): 2-го закона Ньютона в «школьной» форме (с учетом предельного перехода при малых скоростях)
2.2. При этом физический смысл	а) справочная константа, отражающая внутреннее свойство элементарных частиц (но не макроскопических тел); б) коэффициент, обеспечивающий предельный переход формул релятивистской механики в нерелятивистские	а) мера полной энергии; б) мера инертности (при $\vec{a} \perp \vec{v}$ ); в) связующий множитель между скоростью и импульсом (который, правда, уже нельзя назвать коэффициентом пропорционально-сти)	мера инертности
2.3. Наличие формулировок, не связанных с классической механикой	коэффициент в уравнении массовой поверхности	частное от деления полной энергии на квадрат скорости света (для частиц с нулевой массой покоя)	нет
3. Целесообразно ли использование в курсе СТО	да (заменить чем-либо другим не представляется возможным)	вопрос остается открытым (см. далее)	возможно, но только на вузовском уровне (в силу математической сложности)

Таким образом, необходимо отметить следующее. Несмотря на то, что именно масса типа II сохраняет наибольшее количество свойств, присущих классической скалярной нерелятивистской массе, целесообразность ее использования находится, по-видимому, под самым большим вопросом, который более подробно проанализирован ниже.

Аргументы в пользу применения этой массы могут быть следующими.

1. При использовании массы  $M$  формула для импульса выглядит так же, как в нерелятивистском случае (с сохранением роли массы  $M$  как связующего множителя между скоростью и импульсом), что обеспечивает преемственность по отношению к классической механике. 2. В случае  $\vec{a} \perp \vec{v}$  сохраняется форма записи 2-го закона Ньютона в виде  $\vec{F} = M\vec{a}$  по аналогии с классической  $\vec{F} = m_0\vec{a}$ . 3. Масса  $M$  пропорциональна полной энергии  $E$  (без привлечения других величин), может охарактеризовать излучение, а также обладает свойством аддитивности в случае системы фотонов или невзаимодействующих частиц вещества.

Далее приведем в том же порядке соответствующие контраргументы.

1. Формула  $\vec{p} = m_0\vec{v}$  в классической механике является определяющей, а не выражением какого-либо закона, поэтому в релятивистском случае может быть переписана не только как  $\vec{p} = M\vec{v}$ , но и как  $\vec{p} = \gamma m_0\vec{v}$ ; это позволяет утверждать, что предельный переход к формулам классической механики обусловлен не тем, что  $M \rightarrow m_0$ , а тем, что  $\gamma \rightarrow 1$ ; утверждением о роли связующего множителя между скоростью и импульсом можно пожертвовать, указав на то, что этот связующий множитель перестает играть роль коэффициента пропорциональности (это свойство проявляется лишь в нерелятивистском пределе); таким образом, преемственность сохраняется, но формулируется по-другому.

2. В релятивистском случае соотношение  $\vec{F} = M\vec{a}$  не столь универсально, как в классическом, поэтому этой закономерностью можно пожертвовать.

3. Закон сохранения массы (справедливый в классической механике) был сформулирован в химии [3, с. 390], когда его еще нельзя было назвать следствием закона сохранения энергии, поскольку релятивистские эффекты на уровне химических реакций еще нельзя было обнаружить в силу их малости, не выходящей за рамки точности измерений тех времен; позднее выяснилось, что закон сохранения массы для вещества – это предел закона сохранения энергии при малости кинетической и потенциальной энергий по сравнению с энергией покоя; поэтому свойство аддитивности массы  $M$  не дает ничего нового по сравнению с законом сохранения энергии, в том числе для излучения, где эти законы оказываются тождественными в случае массы  $M$  (в силу соотношения  $E = Mc^2$ ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энциклопедия, 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.
2. Угаров, В. А. Специальная теория относительности / В. А. Угаров. – М. : Наука, 1977. – 384 с.
3. Химическая энциклопедия / гл. ред. Н. С. Зефирова ; редкол.: Ю. А. Золотов [и др.]. – М. : Большая рос. энциклопедия, 1995. – Т. 4 : Полимерные – Трипсин. – 639 с.

УДК 372.853

## ФОРМИРОВАНИЕ У СТУДЕНТОВ ОБОБЩЕННЫХ УМЕНИЙ ПО РЕШЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

В. П. Редькин, Ж. И. Равуцкая

г. Мозырь, УО «Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина»

Формирование у студентов технических специальностей умения решать задачи по физике представляет серьезную проблему учебного процесса. Алгоритмические предписания (учебные алгоритмы) являются действенным средством решения данной проблемы. В работах [1–6] нами были представлены учебные алгоритмы решения физических задач по механике. Изучая электродинамику, студенты сталкиваются с действием сил другой природы – силами не механического происхождения. Однако и в этом случае алгоритмические предписания, применяемые в механике, работают и в электродинамике, но с учетом природы действующих сил. Это в значительной степени облегчает восприятие и понимание теоретического материала и способствует формированию обобщенных умений по решению задач. Рассмотрим применение алгоритма решения задач по кинематике и динамике к движению заряженных частиц в магнитном поле.

**Задача.** Электроны, летящие в телевизионной трубке, обладают энергией 12 кэВ. Трубка ориентирована так, что электроны движутся горизонтально. Вертикальная составляющая земного магнитного поля направлена вертикально вниз, и его индукция  $5,5 \cdot 10^{-5}$  Тл. Каково ускорение каждого электрона? Насколько отклонится пучок электронов, пролетев 20 см внутри телевизионной трубки?

Дано:

$$E_k = 12 \text{ кэВ}$$

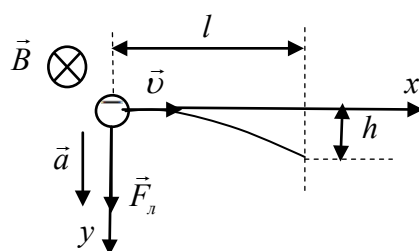
$$B = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$$

$$l = 20 \text{ см}$$

$$a, h - ?$$

Решение:

Задача относится к типу комбинированных задач с использованием законов динамики и кинематики. Рассмотрим динамическую часть задачи на движение электрона в магнитном поле Земли (на рисунке – вид сверху) для определения его ускорения [2, 3].



1. Расстановка сил, действующих на тела системы.

На электрон действуют: со стороны магнитного поля – сила Лоренца  $F_L = evB$ , которая сообщает ему нормальное ускорение; со стороны Земли – сила

тяжести. Сила тяжести, действующая на электрон, пренебрежимо мала по сравнению с силой Лоренца, поэтому ее учитывать не будем.

2. *Применение второго закона Ньютона к телам системы:*

$$\vec{F}_n = m\vec{a}.$$

3. *Применение третьего закона Ньютона к взаимодействующим телам системы.* Так как электрон не взаимодействует с другими телами, этот пункт алгоритма опускаем.

4. *Выбор системы отсчета.* Начало отсчета свяжем с начальным положением тела, ось  $Ox$  – вправо, ось  $Oy$  – вертикально вниз.

6. *Переход от векторной формы записи уравнений движения к скалярной:*

$$F_n = ma.$$

7. *Решение полученной системы уравнений.* С учетом значения силы Лоренца получим:

$$e\upsilon B = ma \Rightarrow a = \frac{e\upsilon B}{m}.$$

Скорость электрона найдем из формулы для кинетической энергии:

$$E_k = \frac{m\upsilon^2}{2} \Rightarrow \upsilon = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}.$$

Тогда

$$a = \frac{eB}{m} \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5,5 \cdot 10^{-5}}{9,1 \cdot 10^{-31}} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,92 \cdot 10^{-15}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 6,28 \cdot 10^{14} \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Отклонение пучка электронов внутри телевизионной трубки найдем, исходя из законов кинематики.

1. Движение электронов плоское, равнопеременное.
2. Система отсчета уже выбрана в динамической части решения задачи.
3. Для равнопеременного движения

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}.$$

4. Так как движение электронов плоское, будем рассматривать его по двум составляющим (раздельно по осям координат).

$$x = x_0 + \upsilon_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}, \quad y = y_0 + \upsilon_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2}.$$

5. При  $t_0 = 0$

$$x_0 = 0, \upsilon_{0x} = \upsilon, a_x = 0, y_0 = 0, \upsilon_{0y} = 0, a_y = a.$$

6. Подставив начальные условия в закон движения, получим рабочие уравнения движения:

$$x = vt, y = \frac{at^2}{2}.$$

При этом движение вдоль горизонтальной оси  $Ox$  равномерное, вдоль вертикальной оси  $Oy$  – равнопеременное.

7. При  $t = t_1$  (в момент попадания электронов на экран телевизионной трубки).

$$x = l, y = h.$$

8. Подставляя конечные условия в рабочие уравнения, получим:

$$l = vt, h = \frac{at^2}{2}.$$

Решая полученные уравнения, найдем искомую величину:

$$t = \frac{l}{v}, h = \frac{al^2}{2v^2} = \frac{al^2m}{4E_k}.$$

$$h = \frac{6,28 \cdot 10^{14} \cdot 0,04 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{4 \cdot 1,92 \cdot 10^{-15}} = 2,98 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 2,98 \text{ (мм)}$$

Таким образом, возможно закрепление знаний по механике и применение их в любых разделах курса физики, если это необходимо. Такой подход позволяет формировать обобщенные умения по решению физических задач, что способствует формированию системы знаний, повышению качества профессиональной подготовки студентов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Редькин, В. П. Задачи по физике. Методы решения. Алгоритм решения задач по кинематике / В. П. Редькин, Т. В. Николаенко, Н. Н. Дуб // Фізика: проблеми викладання. – 2001. – № 2. – С. 46–59.
2. Редькин, В. П. Задачи по физике. Методы решения. Динамика прямолинейного движения материальной точки / В. П. Редькин, Н. Н. Дуб, Т. В. Николаенко // Фізика: проблеми викладання. – 2001. – № 4. – С. 65–78.
3. Редькин, В. П. Задачи по физике. Методы решения. Динамика криволинейного движения материальной точки / В. П. Редькин, Т. В. Николаенко, Н. Н. Дуб // Фізика: проблеми викладання. – 2002. – № 1. – С. 73–77.
4. Редькин, В. П. Задачи по физике. Методы решения. Решение задач по статике / В. П. Редькин, Т. В. Николаенко, Н. Н. Дуб // Фізика: проблеми викладання. – 2002. – № 3. – С. 91–98.
5. Редькин, В. П. Задачи по физике. Методы решения. Алгоритм решения задач с использованием законов сохранения / В. П. Редькин, Т. В. Николаенко, Н. Н. Дуб // Фізика: проблеми викладання. – 2003. – № 1. – С. 90–98.
6. Редькин, В. П. Задачи по физике. Методы решения. Решение комбинированных задач / В. П. Редькин, Т. В. Николаенко // Фізика: проблеми викладання. – 2003. – № 5. – С. 43–53.

УДК 37.016:53

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**С. В. Родин, Ю. И. Савилова**

*г. Минск, Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники*

Современной тенденцией в образовании является смешанное обучение (blended education), сочетающее в себе традиционные и инновационные методы организации учебного процесса. В традиционной педагогической парадигме, ориентированной на информированность и систематизацию знаний, главная роль принадлежит преподавателю, на котором лежит ответственность за процесс и результат обучения; инновационная парадигма, центрированная на обучаемом, направлена на развитие его личностных качеств, профессиональных способностей и мотивации к самореализации и самосовершенствованию.

Поиск оптимального сочетания этих методов – ключевая проблема организации развивающего обучения, формирующего навыки самообучения в течение всей жизни. При этом необходимо учитывать тесную связь названных подходов с внедрением в процесс обучения электронных образовательных и инфокоммуникационных технологий. Предоставление образовательных услуг посредством сети Интернет в условиях сокращения аудиторного времени для изучения физики (202 часа при трех семестровом курсе и 68 часов при односеместровом) позволяет эффективно организовать самостоятельную учебно-познавательную деятельность студентов под руководством преподавателя. В рамках интерактивных методов обучения (развитие которых напрямую связано с появлением сетевых технологий) разработаны перспективные стратегии (например, проблемная или дискуссионная и игровая стратегии) и модели (Rotation Model – чередование традиционного очного и самостоятельного онлайн-обучения в индивидуальном режиме, Flex Model – гибкая модель с использованием онлайн-платформы и помощи преподавателя по мере необходимости, Flipped learning – модель “перевернутого обучения” и другие). Использование сервисов Веб 2.0 (блоги, социальные сети, Wiki, социальные медиа-хранилища и поисковые системы) обеспечивают организацию образовательного процесса на основе активной деятельности обучающихся, которые сами управляют параметрами своего образования, то есть имеют возможность выбирать время, темп, способ и место изучения предмета, а также формировать круг профессионального общения. Однако следует отметить, что разнообразные возможности электронной сетевой среды пока не привели к качественному сдвигу результатов массового обучения, в частности, не наблюдается прогресса и в изучении физики у студентов технического университета.

Основная причина – невысокий уровень знаний вчерашних школьников, что объясняется множеством факторов, в том числе и чрезмерным увлечением сетевыми технологиями. Как показало исследование «Эффект Google», имеющуюся в Интернете информацию респонденты, как правило, не запоминают и даже не пытаются глубоко вникнуть в её смысл. В связи с этим, как нам пред-

ставляется, начинать изучение физики в вузе необходимо с традиционной образовательной стратегии, основанной на отборе информации для формирования знаний. Основные законы физики и её фундаментальные методы, такие как динамический, энергетический, дифференциально-интегральный, статистический и термодинамический, волновой и квантовый – те составляющие фактического знания, которые обеспечивают восприятие и понимание новой информации, а также являются базисом для дальнейшего самообучения и профессионального становления будущих инженеров. Однако формирование знаний для современного уровня образованности есть процесс необходимый, но недостаточный – знания не самоцель, а средство достижения цели. Поэтому важнейшие задачи преподавателя вузовского курса физики – ориентировать обучаемых на практическое применение знаний и заложить основы профессиональной подготовки посредством грамотно организованной самостоятельной работы студентов с учетом их возможностей и потребностей, используя перечисленные выше инновационные модели обучения и, в том числе, взаимодействуя со специальными кафедрами (что практикуется на кафедре физики БГУИР). Наиболее креативные студенты, помимо выполнения образовательной программы, должны иметь возможность заниматься учебно-исследовательской и научной работой в рамках СНТО, используя весь арсенал электронной информационной среды, включающий выбор информационных ресурсов и сетевых коммуникаций [1]. Такие студенты, сознательно выстраивающие стратегию и тактику своего образования, как правило, продолжают обучение в магистратуре с полноценным использованием интерактивных методов смешанного обучения, обладающих существенными преимуществами по сравнению с традиционным подходом. Кроме того, студенты магистратуры, в отличие от студентов 1-2 курсов, являются более подготовленным контингентом к изучению современной физики и её связи с наукоёмкими технологиями. Поэтому актуальной задачей магистратуры является продолжение физического образования путем создания интегрированных курсов физики и специальных дисциплин.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лаптев, В. В. Профессиональная подготовка в условиях электронной сетевой среды / В. В. Лаптев, Т. Н. Носкова // Высшее образование в России. – 2013. – №2. – С. 79–83.

УДК 372.016

### **О ВУЗОВСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ С ОТСУТСТВУЮЩИМ ШКОЛЬНЫМ ПРЕДЕЛОМ**

**В. С. Секержицкий**

*г. Брест, УО «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина»*

Существуют физические задачи, решение которых в корректной постановке требует составления дифференциальных уравнений (обыкновенных или в частных производных) и их решения при соответствующих краевых условиях. Разумное упрощение, как в отношении пренебрежения некоторыми относи-



тельно малыми величинами, так и в смысле огрубления математической модели описания, может привести к тому, что задача решается в рамках школьной программы (чаще всего нестандартными методами), чем часто пользуются авторы олимпиадных задач. Существуют задачи и другого типа, попытки упрощения достаточно строгих формулировок которых с целью получения ситуаций, допускающих анализ в рамках школьной программы, делают задачи некорректными. Именно такого рода задачи мы назвали в [1] задачами с отсутствующим школьным пределом.

В качестве примера задач второго типа рассмотрим известную задачу, встречающуюся в разных вариациях в вузовских и школьных задачниках по физике и считающуюся достаточно простой: *пренебрегая вязким трением, найти ускорение, с которым тело с плотностью  $\rho_1$  всплывает в жидкости, плотность которой  $\rho_2 > \rho_1$ .*

Подобная задача фигурировала даже в заданиях Централизованного тестирования. Рекомендованное рядом пособий «решение» этой задачи довольно простое: полагается, что ускорение телу сообщает сила, определяемая

разностью сил Архимеда и тяжести, т. е. 
$$a = \frac{F_A - mg}{m} = \frac{\rho_2 V g - \rho_1 V g}{\rho_1 V} = \left( \frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 \right) g,$$

где  $m$  и  $V$  – масса и объем тела.

Однако приведенное решение принципиально неверное. В этом легко убедиться на опыте: пузырьки воздуха, у которых плотность на 3 порядка меньше плотности воды (а сила Архимеда, соответственно, на 3 порядка больше), вовсе не всплывают с ускорением порядка 1000 g, как это следует из приведенной выше формулы. Дело в том, что при движении тела вверх соответствующее количество воды перемещается вниз, причем масса перемещающейся воды больше массы тела. Таким образом, знаменатель приведенной исходной формулы должен содержать не только массу тела, но и так называемую «присоединенную массу», обусловленную водой. Вода обтекает тело, и расчет «присоединенной массы» – сложная задача, далеко выходящая за рамки не только школьной физики, но и курсов общей физики педагогического и технического вузов. Задача корректно решается методами теоретической гидродинамики с помощью известного уравнения Навье – Стокса, которое в данном случае имеет аналитическое решение только для тела сферической формы. Задача явно не имеет «школьного предела», и ее использование в школе и для тестирования некорректно. Кроме того, закон Архимеда – это закон гидростатики, и правомерность его применения к описанию движения ускоренно движущихся тел весьма сомнительна.

К задачам с несуществующим школьным пределом относятся также некоторые задачи о движении гибкой тонкой тяжелой нити, перекинутой через блок. Типичной задачей такого типа является приведенная во множестве сборников *задача о нахождении скорости нити после ее соскальзывания без трения с блока при нулевой начальной скорости и несимметричной исходной ситуации (на рисунке  $L - x_0 - \pi R > x_0$ , где  $L$  – длина нити).*

Во многих задачниках при решении этой задачи полагают, что в момент отрыва от блока нить вертикальна, и ее верхний конец находится на одной горизонтали с центром блока. Ответ  $v = \sqrt{\frac{L^2 + 2\pi RL - \pi^2 R^2}{2L}} g$  при почти симметричном начале движения ( $L - x_0 - \pi R = x_0$ ) вытекает из закона сохранения механической энергии.

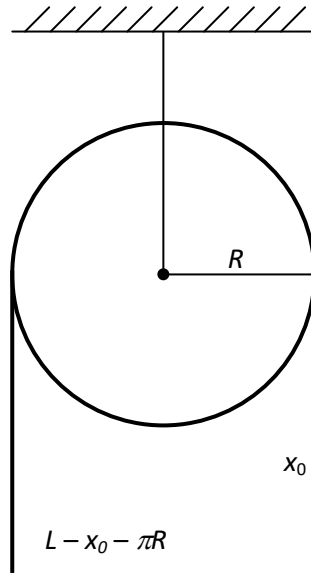


Рисунок – Блок с перекинутой нитью

Есть и другая точка зрения, согласно которой контакт нити с блоком теряется раньше, чем достигается указанное выше расположение нити: например, при почти симметричной исходной ситуации контакт теряется, когда расстояние между нижними концами нити равно  $(L - (\pi - 2)R) / \sqrt{2}$ , и при этом скорость  $v = \frac{1}{2} \sqrt{(L - \pi R + 2R)g}$ .

Покажем, что обе точки зрения не соответствуют действительности. Вследствие предполагаемой нерастяжимости нити касательные ускорения всех элементов нити одинаковы и равны  $a = g(1 - (\pi R + 2x) / L)$ , где  $x$  – длина правой части нити. Рассматривая движение элемента нити, для которого полярный угол равен  $\varphi$ , получим для силы натяжения нити  $T$  дифференциальное уравнение  $\frac{dT}{d\varphi} = \frac{m}{L} R(a + g \cdot \cos \varphi)$ , решение которого, при очевидном граничном

условии  $T(\varphi = 0) = \frac{m}{L} x(a + g)$ , имеет вид

$$T = \frac{mRg}{L} \left( \left( 1 - \frac{\pi R + 2x}{L} \right) \varphi + \sin \varphi + \left( 2 - \frac{\pi R}{L} \right) \frac{x}{R} - \frac{2x^2}{LR} \right).$$

Закон сохранения механической энергии при нулевой начальной скорости дает  $\frac{mv^2}{2} = ((x - x_0)(x + x_0 - L + \pi R)) \frac{mg}{L}$ .

Тогда для угловой плотности силы нормальной реакции, действующей со стороны блока на элемент нити массой  $dm = \frac{m}{L}R \cdot d\varphi$ , находим

$$\frac{dN}{d\varphi} = \frac{mRg}{L} \sin \varphi + T - \frac{mv^2}{L} = \frac{mg}{L} \left( \left( 1 - \frac{\pi R + 2x}{L} \right) R\varphi + 2R \cdot \sin \varphi + \left( 2 - \frac{\pi R}{L} \right) x - \frac{2x^2}{L} - \frac{2}{L} \left( (x - x_0)(x + x_0 - L + \pi R) \right) \right).$$

Эта функция имеет максимум при  $\varphi = \arccos \frac{\pi R + 2x - L}{2L}$ , и отрыв всей нити произойдет только при условии  $\left( \frac{dN}{d\varphi} \right)_{\max} = 0$ , из которого находится соответствующее значение  $x$ .

Если вышеприведенный анализ еще можно считать с натяжкой доступным для подготовленного школьника, то ситуация, которая имеет место при достаточно малых  $x_0$  (или когда в начальный момент времени правый конец нити находится на блоке), в которой первым отрывается правый конец при сохраняющемся контакте остальной части нити, и нить при этом приобретает горизонтальный импульс (в момент полной потери контакта с блоком нить имеет очень сложную форму), не допускает адаптации к школьному уровню.

Таким образом, часто используемая в практике различных олимпиад адаптация к школьному уровню задач, возникающих в процессе научно-исследовательской работы или стандартных для вузовских курсов общей и теоретической физики, требует ответственного анализа соответствующих предельных переходов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чопчиц, Н. И. Задачи с отсутствующим школьным пределом / Н. И. Чопчиц, В. С. Секержицкий // Актуальные научные проблемы теоретической и экспериментальной физики, астрономии и космонавтики : сб. материалов межвуз. науч. конф., посвящ. 50-летию первого полета человека в космос, Брест, 11–12 апр. 2011 г. / Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина ; под общ. ред. В. С. Секержицкого. – Брест : БрГУ, 2011. – С. 108–112.

УДК 372.016:53

### О ЕСТЕСТВЕННОМ СПОСОБЕ ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ

**В. С. Секержицкий**

*г. Брест, УО «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина»*

В школьном курсе механики учащиеся имеют дело только с декартовой системой координат. Опыт работы со студентами младших курсов показывает, что использование при решении задач даже простой полярной системы координат

вызывает определенные затруднения, в первую очередь психологического характера. Необходима выработка у обучаемого навыков рационального выбора системы координат при решении задач.

Как известно, естественный способ кинематического описания движения основан на введении своеобразной координатной «оси», совпадающей с траекторией движения материальной точки. Вдоль этой «оси» отсчитывается естественная координата – путь  $s$ . К числу несомненных достоинств использования естественной координатной «оси» относятся: одномерность движения (а значит, использование только одного кинематического уравнения движения вида  $s = s(t)$ ), совпадение направлений скорости и координатной «оси» (всегда), противоположность силы сопротивления движению и координатной «оси» (всегда).

Естественная координатная «ось» может быть как прямой, так и криволинейной. Например, в известной задаче о движении связанных нитью брусков по двум соединенным наклонным плоскостям (рисунок 1)

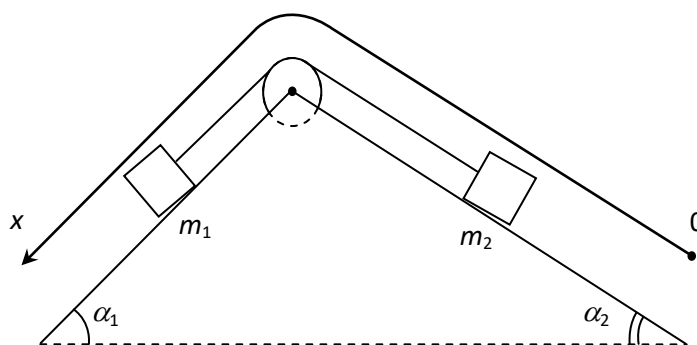


Рисунок 1

вовсе не обязательно вводить для каждой наклонной плоскости свою систему координат. Можно использовать координатную «ось»  $Ox$ , показанную на рисунке 1, и проводить проецирование уравнения движения на эту «ось».

Полезным бывает сочетание декартовой (прямолинейной) и естественной (криволинейной) координатных осей с соответствующим проецированием сил, ускорений и скоростей. Именно так наиболее рационально решать задачи типа № 1.100 из [1, с. 23]. Покажем эффективность использования естественной координатной «оси» на примере подобной задачи.

Задача. По плоскости с углом  $\alpha$  наклона к горизонту под углом  $\beta$  к направлению подъема толкнули шайбу  $A$  со скоростью  $v_0$  (рисунок 2). Коэффициент трения  $\mu = tg\alpha$ . Найти установившуюся скорость шайбы.

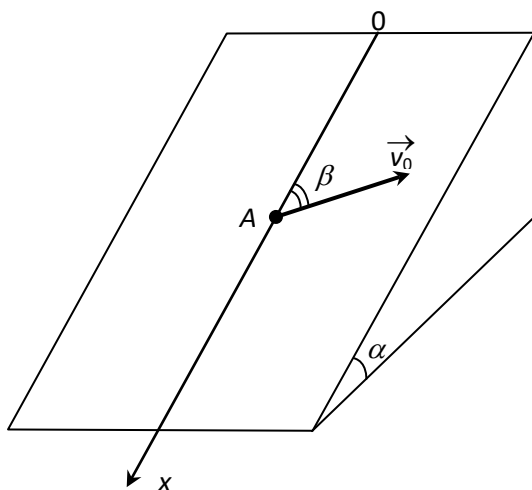


Рисунок 2

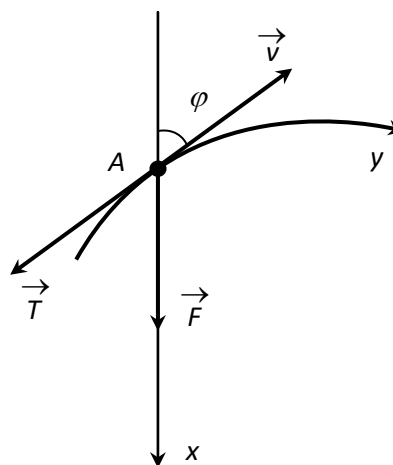


Рисунок 3

**Решение.** В любой точке траектории на шайбу в плоскости движения действуют две силы (рисунок 3): скатывающая сила  $\vec{F}$ , направленная вниз по склону, и сила трения  $\vec{T}$ , направленная противоположно скорости  $\vec{v}$ . При этом  $F = mg \cdot \sin \alpha$ , где  $m$  – масса шайбы,  $g$  – ускорение свободного падения, а  $T = \mu mg \cdot \cos \alpha$ . По условию задачи  $\mu = \operatorname{tg} \alpha$ , т. е.  $T = F$ . Из уравнения движения шайбы  $m\vec{a} = \vec{F} + \vec{T}$  следует, что ускорение равно нулю, если  $\vec{F} = -\vec{T}$ ; при этом движение установившееся (скорость постоянна), угол  $\varphi = \pi$ . Проецируем уравнение движения на две координатные «оси», одна из которых совпадает по направлению со скатывающей силой, а другая направлена по траектории движения (по скорости в каждой точке траектории):  $ma_x = F + T \cdot \cos \varphi$ ,  $ma_y = -T - F \cdot \cos \varphi$ . Учитывая, что  $T = F$ , получаем  $a_x = -a_y$ . Это характерное соотношение для движения по наклонной плоскости при  $\mu = \operatorname{tg} \alpha$ : проекции ускорения на направления скатывающей силы и скорости отличаются только знаком. Тогда соотношение между скоростями имеет вид:  $v_x = -v_y + \operatorname{const}$  или  $-v \cdot \cos \varphi = -v + \operatorname{const}$ . В начальный момент времени  $-v_0 \cdot \cos \beta = -v_0 + \operatorname{const}$ , тогда  $v = v_0(1 - \cos \beta) / (1 - \cos \varphi)$ . При  $\varphi = \pi$  искомая установившаяся скорость  $v_{уст.} = v_0(1 - \cos \beta) / 2$ .

Нами составлены и подобраны условия ряда задач, решение которых при рациональном выборе систем отсчета значительно проще, чем рекомендуемое школьными учебниками и методическими пособиями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учеб. пособие / И. Е. Иродов. – С-Пб. : Лань, 2001. – 416 с.

УДК 536.7; 544.2

### ЭЛЕМЕНТЫ АНАЛИЗА УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ РЕАЛЬНОГО ГАЗА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ WOLFRAMMATHEMATICA

**Г. Ю. Тюменков, А. С. Невмержицкая**

*г. Гомель, УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»*

WolframMathematica – современная система компьютерной алгебры, широко используемая в научных и инженерных разработках [1]. Система обеспечивает автоматическое генерирование программного кода на языке Си с оптимизацией с помощью SymbjlicC. В широком спектре имеющихся расширений для решения физических и инженерных задач следует выделить AceFEM и Geometrica.

В работе будут продемонстрированы элементы графического анализа полуэмпирических двухпараметрических уравнений состояния реального газа с помощью системы WolframMathematica на примере уравнения Редлиха – Квонга [2]. Выбор данного уравнения обусловлен тем, что оно обладает высоким уровнем предиктивности для ряда технологических приложений, например, при описании охлаждения реальных газов в рамках процесса Джоуля – Томсона [3].

Для наглядности мы будем использовать приведенную форму уравнения [3], записанную в терминах безразмерных физических переменных [4] и содержащую численный параметр  $\xi = 0,26$ :

$$\tilde{P} = \frac{3\tilde{T}}{\tilde{V} - \xi} - \frac{1}{\xi\sqrt{\tilde{T}}\tilde{V}(\tilde{V} + \xi)}.$$

В первую очередь с целью графической визуализации данное уравнение может быть представлено в виде поверхности вида  $\tilde{P} = \tilde{P}(\tilde{V}, \tilde{T})$ , наиболее физически интересный участок которой находится вблизи критической точки с координатами  $\tilde{V} = 1, \tilde{T} = 1$ . Фиксируя температуру, мы можем изобразить на поверхности систему изотерм, среди которых обязательно следует выделить критическую изотерму (зеленая) и граничную изотерму для метастабильного состояния растянутой жидкости (синяя).

Математический критерий граничной изотермы, содержащей точку касания оси приведенного объема, имеет вид

$$\begin{cases} \left( \frac{\partial \tilde{P}}{\partial \tilde{V}} \right)_{\tilde{T}_{кр}} = 0, \\ \tilde{P} = 0. \end{cases}$$

Для критической изотермы, содержащей точку перегиба, необходимо выполнение условий

$$\begin{cases} \left( \frac{\partial \tilde{P}}{\partial \tilde{V}} \right)_{\tilde{T}_{кр}} = 0, \\ \left( \frac{\partial^2 \tilde{P}}{\partial \tilde{V}^2} \right)_{\tilde{T}_{кр}} = 0. \end{cases}$$

Явная форма уравнения и математические критерии искомых изотерм позволяют записать их программный код в WolframMathematica. Например, программный код для определения параметров граничной изотермы приведен ниже:

```
Print["Уравнение Редлиха-Квонга"];
|печатать
xi := 0.26;
p[T_, V_] := 3 T / (V - xi) - 1 / (xi Sqrt[T] V (V + xi)); (*Редлиха-Квонга*)
style = Directive@{Black, Dashing[{0.015}], Thickness[0.003]};
|директива |чёрный |разбиение шриха |толщина
Print["p(T,V) = ", p[T, V]];
|печатать
derivation[fun_] := D[fun[T, V], V]; (*взятие первой производной по V*)
|дифференцировать
Print["Первая производная p по V = dp/dV (T,V) = ", derivation[p]];
|печатать
TgrVgr[fun_] := Solve[fun[T, V] == 0 && derivation[fun] == 0 && T > 0 && V > 0, {T, V}]; (*решение системы двух уравнений*)
|решить уравнения
values = TgrVgr[p];
Tgr = values[[1, 1, 2]];
Vgr = values[[1, 2, 2]];
Print["Tgr= ", Tgr, ", Vgr= ", Vgr];
|печатать
```

```
Print[Show[Plot[{p[Tgr, V], p[ $\frac{1+Tgr}{2}$ , V], p[1, V], p[Tgr - 0.02, V]}, {V, 0.4, 5}], PlotStyle -> style,
печата... |лок... |график функции |стиль графика

AxesLabel -> {V, "p"}, LabelStyle -> {30, GrayLevel[0]},
|обозначения на осях |стиль отметки |уровень серого

AxesStyle -> Directive[Arrowheads[0.03], Thickness[0.0022]], ImageSize -> 1000];
|стиль осей |директива |наконечники |толщина |размер изображения

Print[Plot3D[p[T, V], {T, 0.01, 2}, {V, 0.5, 5}], PlotRange -> {{0.01, 2}, {0.5, 5}, {-10, 10}}, AxesLabel -> {T, V, "p"}]];
|график функции 2-х переменных |отображаемый диапазон графика |обозначения на осях

Tchange[V_] = Solve[derivation[p] == 0 && V > 0, T, Reals][[1, 1, 2, 1]];
|решить уравнения |множество действительных чисел

Print["Зависимость T(V), при которой  $\frac{dp}{dV}=0$  T(V)=", Tchange[V]];
печата...

Show[Plot[Tchange[V], {V, 0.5, 5}], AxesLabel -> {V, T}, PlotStyle -> style, LabelStyle -> {30, GrayLevel[0]},
|график функции |обозначения на осях |стиль графика |стиль отметки |уровень серого

AxesStyle -> Directive[Arrowheads[0.03], Thickness[0.0022]], ImageSize -> 1000]
|директива |наконечники |толщина |размер изображения

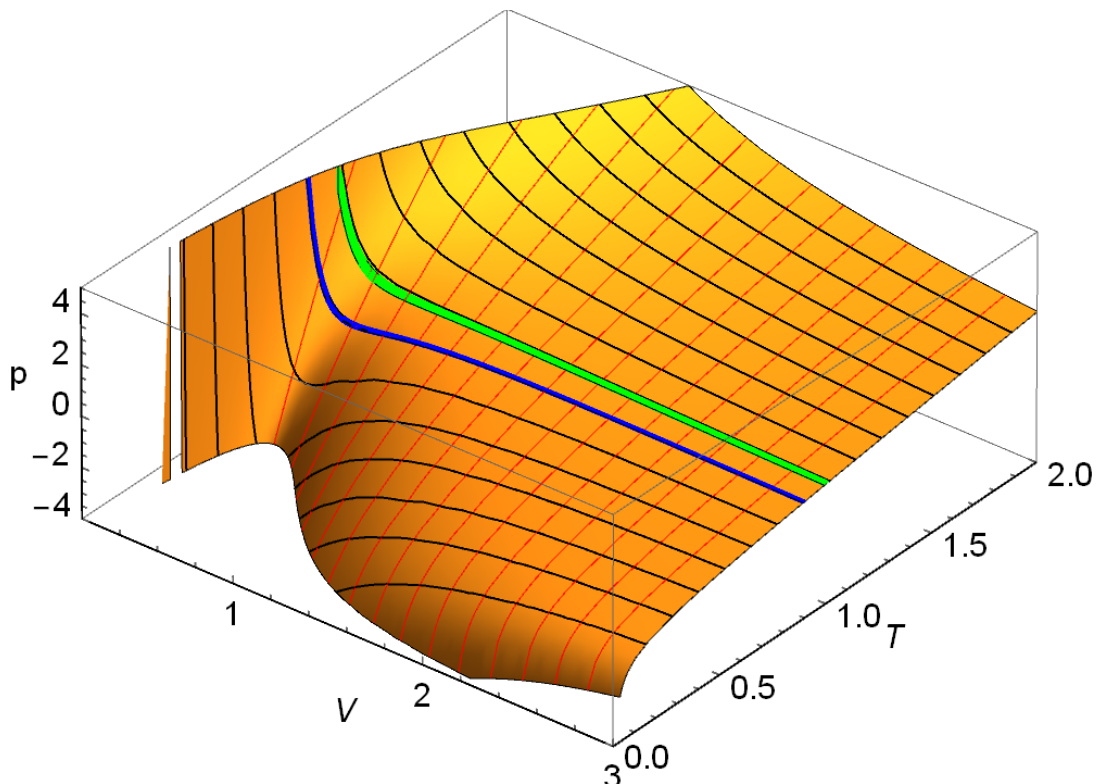
Уравнение Редлиха-Квонга

$$p(T, V) = \frac{3T}{-0.26 + V} - \frac{3.84615}{\sqrt{T} V (0.26 + V)}$$

Первая производная p по V =  $\frac{dp}{dV}(T, V) = -\frac{3T}{(-0.26 + V)^2} + \frac{3.84615}{\sqrt{T} V (0.26 + V)^2} + \frac{3.84615}{\sqrt{T} V^2 (0.26 + V)}$ 
Tgr = 0.894514, Vgr = 0.627696
```

Расчеты показывают, что граничная изотерма имеет приведенную температуру  $\tilde{T}_{cp} = 0,894514$  и достигает нуля приведенного давления при  $\tilde{V}_{cp} = 0,627696$ .

Графическая реализация приведенного уравнения Редлиха – Квонгас вышеупомянутыми изотермами показана на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Фрагмент поверхности приведенного уравнения состояния Редлиха – Квонга с выделенными критической (зеленая) и граничной (синяя) изотермами**

Авторам представляется методически привлекательным данный подход к изложению учебного материала, связанного с термодинамикой реальных газов, имеющих широчайшее применение в технике.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, О. А. Дискретная математика и программирование в WolframMathematica / О. А. Иванов, Г. М. Фридман. – С-Пб. : Питер, 2019. – 351 с.
2. Redlich, O. On the thermodynamics of solutions V. equation of state: fugacity of gaseous solutions / O. Redlich, J.N.S. Kwong // Chemical Reviews. – 1949. – Vol. 44. – P. 233–244.
3. Дей, Е. А. Расчет параметров изохнтальпического охлаждения газов Редлиха – Квонга / Е. А. Дей, О. В. Новикова, Г. Ю. Тюменков // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2012. – № 6(75). – С.39–42.
4. Румер, Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика / Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин. – Новосибирск : Издательство Новосибирского университета, 2000. – 608 с.

УДК 37.018.4

## ФОРМИРОВАНИЕ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ РЕШЕНИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

С. В. ЧУГУНОВ<sup>1</sup>, Э. В. ЧУГУНОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»

<sup>2</sup> г. Брест, ГУО «Гимназия № 4 г. Бреста»

В докладе международной комиссии по образованию для XXI века ключевыми качествами выпускников школ называются:

- критическое мышление и способность решать сложные комплексные задачи, в том числе в ситуациях неопределенности;
- личные качества и ценности;
- инновационность и креативность;
- коммуникативность и способность к сотрудничеству;
- лидерство и ответственность;
- мотивация к труду.

Достижение успеха в формировании этих качеств личности возможно с помощью компетентностного подхода, который предусматривает ориентацию учебного процесса на развитие самостоятельности и ответственности ученика за результаты своей деятельности. Центральным моментом здесь выступает поиск и освоение соответствующих форм обучения.

В педагогической литературе выделяют три группы компетенций:

- ключевые;
- общепредметные;
- предметные.

Нас интересуют учебно-познавательные компетенции, которые формируются на уроках физики.

Компетентностный подход может быть реализован учителем, если его действия будут направлены на создание в классе «развивающей» среды. Для этого необходимы следующие действия учителя:

- Учить задавать вопросы о наблюдаемых фактах, отыскивать причины явлений, обозначать свое понимание по отношению к изучаемой проблеме. Необходимо чаще использовать вопрос «почему?», чтобы научить устанавливать причинно-следственные связи.



▪ Объяснять учащимся, что не знать, не уметь или не понимать чего-то не только не стыдно, но осознание этого является первым шагом к «я знаю», «я умею» и «я понимаю».

▪ Учить планировать, анализировать свою учебно-познавательную деятельность.

▪ Учить осознавать цель работы и ответственность за результат.

▪ Поощрять за попытки сделать что-то самостоятельно.

▪ Демонстрировать заинтересованность в успехе учащихся по достижению поставленных целей.

Решение задач по физике играет решающую роль в формировании познавательной компетенции, столь необходимой для любой учебной дисциплины, результатом которой являются такие универсальные действия, как умение воспринимать, анализировать, выделять главное, использовать знаково-символические средства, составлять модели, логические схемы и т. д. Решение задач – один из важнейших способов обучения физике.

По формам задания условия все задачи можно разделить:

- на качественные задачи,
- количественные (расчетные) задачи,
- графические задачи,
- экспериментальные задачи,
- задачи с недостающими данными,
- задачи-оценки,
- задачи-проекты.

В современной педагогической литературе практически отсутствует интерес к комплексным задачам.

Комплексные задачи представляют собой набор заданий, в которых рассматриваются различные по сложности физические ситуации, характеризующиеся максимально возможным числом параметров, определяемых данной темой.

Первые попытки применить комплексные задачи в процессе обучения были сделаны в высшей школе. Многие учащиеся нашей гимназии поступают в технические вузы (БрГТУ, БНТУ). В этих вузах при обучении физике широко используются комплексные задачи на практических занятиях, при диагностике знаний, на экзаменах [1].

Мы попытались внедрить в процесс обучения физике в старших классах похожий тип задач. Естественно, это полностью не решает всех проблем формирования необходимых компетенций у учащихся, но такие задачи помогают ученику увидеть физические явления целостно, охватить очень большой пласт теоретического материала и отыскать связи между различными темами. Решение комплексных задач стимулирует у учащихся интерес и познавательную активность при изучении физики, приближает учащихся к их будущему обучению в вузе, готовит к выполнению заданий по вузовской программе.

Решение таких задач помогает учителю определить зону ближайшего развития ребенка и спрогнозировать его дальнейшее развитие.

Комплексные задачи помогают осуществить индивидуальный подход в обучении, учащимся даются задания в зависимости от их уровня знаний, умений и навыков, индивидуальных способностей и особенностей. Комплексные задачи

помогают определить уровень учебных компетенций каждого ученика по изученной теме. Решение комплексных задач позволяет учащемуся дать адекватную самооценку своим достижениям. Учитель, исходя из результатов решения таких задач, может внести коррективы в организацию учебной деятельности, оказать помощь при затруднениях у учащегося.

В структуре урока комплексные задачи могут использоваться на этапе закрепления учебного материала, при организации самостоятельной работы, в качестве дифференцированного домашнего задания. Поливариантность постановки задач достигается за счет варьирования исходных параметров, вариантов их сочетаний. Каждый ученик получает свою комплексную задачу со своими параметрами. Это практически исключает списывание, создает условия для самостоятельного выполнения задачи. Кроме этого, при таком подходе появляется возможность самостоятельного выбора степени сложности задания, соответствующей уровню теоретической подготовки учащегося. Наиболее эффективно их использование при подготовке к олимпиадам и централизованному тестированию.

Анализируя опыт работы, можно выделить положительные стороны применения комплексных задач:

- объективность оценки результатов выполнения работы;
- повышение заинтересованности учащихся в получении новых знаний, умений и навыков;
- высокоэффективная реализация принципа обратной связи;
- применяется для подготовки учащихся к олимпиадам и конкурсам.

Конечно, при всех достоинствах комплексные задачи имеют и свои недостатки, например:

- большие временные затраты на составление, проверку и анализ выполненных заданий;
- нет критериев оценки выполненных заданий.

Опыт показывает, что применение комплексных задач стимулирует учащихся к регулярному повторению пройденного материала, что непосредственно влияет на улучшение качества знаний.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Чопчиц, Н. И. Комплексные задачи по физике / Н. И. Чопчиц. – Брест, 2014. – 265 с.

УДК 538.91,539.22.18,548.73

## **ОПЫТ И РАЗМЫШЛЕНИЯ ОБ УЧЕБНОЙ МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ**

**И. С. Янусик**

*г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»*

Мотивация – это основа любой самостоятельной деятельности. Мотивация означает вложение человеком своих ресурсов, таких как энергия, время, знания, талант, воля и т. д. в достижение желаемой цели. Нет сомнения, что мотивация – это ключевое условие эффективного процесса обучения. Кроме того, мотивация

(или её недостаток) чаще всего является основной предпосылкой успешной совместной работы студента с преподавателем. Мотивация – это внутренний процесс, основанный на сугубо личных мотивах, т. е. импульсах, побуждающих человека прикладывать усилия и приближающих носителя мотивов к достижению определенных целей или удовлетворению потребностей его собственными силами, его энергией, по его же воле [1]. Мотивация для студентов является наиболее эффективным способом улучшить процесс обучения. Мотивация к обучению достаточно непростой и неоднозначный процесс изменения отношения личности как к отдельному предмету изучения, так и ко всему учебному процессу. Мотивация является главной движущей силой в поведении и деятельности человека, в том числе, и в процессе формирования будущего профессионала. Поэтому особенно важным становится вопрос о стимулах и мотивах именно учебно-профессиональной деятельности студентов.

Существуют следующая классификация учебной мотивации студентов:

- *познавательные мотивы* (приобрести новые знания и стать более эрудированным);
- *широкие социальные мотивы* (выражаются в стремлении личности самоутвердиться в обществе, утвердить свой социальный статус через учение);
- *прагматические мотивы* (получение достойного вознаграждения за свой труд);
- *профессионально-ценностные мотивы* (расширение возможностей для устройства на перспективную и интересную работу);
- *эстетические мотивы* (получение удовольствия от обучения, раскрытие своих скрытых способностей и талантов);
- *статусно-позиционные мотивы* (стремление утвердиться в обществе через учение или общественную деятельность, получить признание окружающих, занять определенную должность);
- *коммуникативные мотивы* (расширение круга общения посредством повышения своего интеллектуального уровня и новых знакомств);
- *учебно-познавательные мотивы* (ориентация на способы добывания знаний, усвоение конкретных учебных предметов);
- *неосознанные мотивы* (получение образования не по собственному желанию, а по влиянию кого-либо, основанное на полном непонимании смысла получаемой информации и полном отсутствии интереса к познавательному процессу).

Отметим, что в системе учебных мотивов переплетаются внешние и внутренние мотивы. К внутренним мотивам относятся такие, как собственное развитие в процессе учения; необходимо, чтобы сам обучаемый захотел что-то сделать и сделал это, т. к. истинный источник человека находится в нём самом. Внешние мотивы исходят от родителей, педагогов, группы, в которой обучается студент, окружения или общества. Таким образом, учёба, как вынужденное поведение, нередко встречает внутреннее сопротивление со стороны студентов. И поэтому решающее значение должно придаваться не внешнему нажиму, а внутренним побудительным силам. Так, мотивация, имея внутренние, отчасти психологические причины, не может быть внедрена извне, снаружи, другим человеком.

Мы можем говорить о том, что ответственность за мотивацию лежит полностью на самом человеке.

Другие – в том числе и преподаватели – могут лишь стимулировать – то есть называть, вызывать, поддерживать, развивать извне те импульсы, которые индуцируют внешнюю мотивацию. Значит, соединение, дополнение мотивации и стимуляции – это желаемая предпосылка действительно эффективного процесса обучения, из чего следует, что за эффективность процесса обучения отвечают обе стороны – и преподаватели, и студенты.

Доцент кафедры физики БрГТУ Чопчиц Н. И. был выдающимся методистом, который как раз поддерживал, развивал извне те импульсы, которые индуцируют внешнюю мотивацию. Помимо уникальных комплексных задач, поливариантных, разработанных им для проведения практических занятий по всем разделам физики, он для стимуляции познавательной, социальной, прагматической, эстетической, статусно-позиционной, учебно-познавательной мотивации студентов внедрил в лекционный курс упражнения разного уровня сложности. Так, в качестве домашнего задания задавались упражнения от шуточных до идейно сложных, для выполнения которых требовались глубокие знания, оригинальность мышления, тонкое понимание предложенной темы. Результаты оценивались и учитывались в рейтинговой системе. Ответы давали студенты письменно, иногда собирались гурьбой вокруг Николая Игнатьевича, обсуждая какую-либо оригинальную идею. Как правило, всегда увлечённые и воодушевлённые как студенты, так и преподаватель. Так рождались «звёзды» физики. При максимальном балле для группы 100 были студенты, которые набирали в десятки раз больше, близко к тысяче.

Вот некоторые из таких упражнений.

*Упр. 50 баллов* – Выяснить, получают или отдают электроны «дорогие расчёски».

*Упр. 20 баллов* – На прямолинейном отрезке длиной 1 м распределён заряд с линейной плотностью, изменяющейся по закону  $\cos$ .

Задавая этот закон, найти заряд стержня.

*Упр. 20 баллов* – Почему пара слов «плечо» и «момент» в физике встречаются часто вместе, хотя к моменту времени отношения не имеют?

*Упр. 70 баллов* – Для диполя. Найти, какая часть силовых линий содержится в конусе, угол между образующими которого равен  $60^\circ$ .

*Упр. 50 баллов* – Допустим, что в безграничной среде имеется изотропный источник воды, дающий  $m$  кг воды в секунду. Рассчитать  $div$  вектора скорости воды.

*Упр. 90 баллов* – Придумать эффективные способы безболезненной разрядки девушки.

Безусловно, чтобы составлять такие упражнения и так общаться и обучать студентов, нужно преподавателю быть высококлассным специалистом в своей области, самому глубоко разбираться в своём предмете, быть интеллектуальным, неравнодушным, интеллигентным человеком, каким, безусловно, был Чопчиц Николай Игнатьевич.

Возвращаясь к мысли об обоюдной ответственности за эффективность обучения и преподавателей и студентов, отмечу, что важной предпосылкой повы-

шения мотивации студентов является рост доверия студентов к программам обучения и к преподавателям, сознание того, что по данной программе нужно работать, т. к. только она может привести к желаемым знаниям и умениям. Так же нужно признать, что стимуляция со стороны преподавателя нуждается в дополнительном усилии со стороны студента, т. е. признание нужной доли ответственности обеих сторон процесса обучения.

Основой для понимания обеими сторонами процесса обучения могут стать слова «учителя народов» Яна Амоса Коменского: «Подойди сюда, дитя, учись быть мудрым», т. е. «Приходи, студент, я помогу тебе всем, что в моих силах, но учиться – это только твоя работа».

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Стародубцева, В. К. Мотивация студентов к обучению / В. К. Стародубцева // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 34–37.

**СЕКЦИЯ 2**  
**ФИЗИЧЕСКИЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ:**  
**ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ**

УДК 621.37

**ПОСТРОЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ФИЗИЧЕСКОГО**  
**ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА**

**Н. Н. Ворсин**

*г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»*

В течение нескольких последних десятилетий осуществилась очередная революция в области используемых средств фиксации, визуализации и обработки информации. Результаты этой революции существенно изменили внешний облик и характер работы в научных и производственных лабораториях. Однако состояние учебного лабораторного практикума по-прежнему опирается на старую модель экспериментальных исследований, в то время как давно назрел ее пересмотр и остро встает вопрос создания лабораторного оборудования нового поколения.

Под словами «старая модель» мы подразумеваем тот способ проведения экспериментов, который (с успехом) использовался в прошлом веке. Мониторинг исследуемого явления осуществлялся с помощью какого-то числа автономных приборов, показания их переписывались экспериментатором в сводные таблицы, которые затем использовались для количественных оценок изучаемого явления. Если рассмотреть описание функционирующих сегодня физических лабораторных практикумов, представленных в [1, 2] (от Нижнетагильского института до МГУ включительно), то мы увидим именно эту модель их реализации. Ее же в основном реализует и единственный в республике производитель учебного оборудования – Могилевский НТЦ «Дидактика».

В то же время в исследовательских лабораториях и на производственных предприятиях применяются другие методы организации экспериментов, использующие современные компьютерные технологии. Их достоинства очевидны: а) более полный и подробный мониторинг изучаемого явления, б) обусловленная этим более высокая точность определения его характеристик, в) освобождение экспериментатора от рутинных операций и высвобождение его времени для продуктивной работы, г) удобная форма сохранения информации для быстрого ее использования в будущем, д) упрощение и удешевление лабораторных стендов за счет замены множества приборов с собственными блоками питания и индикаторами одним компьютером и узлом сопряжения с датчиками. Данные факторы повлияли и на концепцию современного приборостроения. Все большее число измерителей разрабатывается и изготавливается в виде миниатюрных блоков, подключаемых к компьютеру, который выполняет функции индикации результата и управления процессом измерений. Естественно, ожидать подобный процесс в оснащении и методике работы учебных физических лабораторий. Это тем более необходимо для естественно-научных и технических вузов, чьим выпускникам предстоит работать с подобной аппаратурой

Практическое построение современного лабораторного практикума, по нашему мнению, целесообразно осуществлять в следующем виде: а) на всех рабочих местах лаборатории устанавливаются персональные компьютеры, у которых будут функции управления опытами, их текущий мониторинг, накопление информации, ее обработка и индикация, предоставление учащимся необходимых программных средств, теоретического, справочного материала; б) к каждой лабораторной работе изготавливается лабораторная установка, для приведения которой в рабочее состояние достаточно установить ее на рабочее место, подключить к электросети и соединить с компьютером единственным кабелем. Таким образом, средство управления опытами, индикации и обработки результатов оказывается единым для всего практикума. Сменные элементы – лабораторные установки – изготавливаются производственными фирмами, хранятся отдельно и накапливаются в количествах, необходимых для решения тех или иных дидактических задач, например для фронтального проведения лабораторных занятий.

Материальные затраты на такую модернизацию практикума будут минимальными, так как требуемые для этого компьютеры могут быть устаревшими и неиспользуемыми в настоящее время (таковые имеются в любом вузе или школе), а лабораторные установки без узлов индикации, управления, изготавливаемые на заводской базе, оказываются весьма простыми и дешевыми.

Рассмотрим пример реализации элементов такого практикума в разделе «Электричество». Очевидная цель практикума по электричеству – дать возможность учащимся самостоятельно воспроизвести наиболее интересные физические эксперименты, понять и усвоить основные положения и законы классической электрофизики. Кроме того, студенты получают навыки сборки электрических цепей, пользования электроизмерительными приборами, включения их в исследуемые цепи. В связи с этим полная компьютеризация лабораторного практикума не является желательной.

Тем не менее некоторые темы лабораторного практикума, содержащие громоздкую аппаратуру, не дающие необходимую точность измерений, требующие больших и малопродуктивных затрат учебного времени, могут быть реализованы на основе компьютеризированных лабораторных установок [3]. Использование компьютера и специализированной лабораторной установки позволяет с минимальными затратами средств и учебного времени получить хорошую точность измерений, их наглядность, современность лабораторной деятельности учащихся, актуализацию межпредметных знаний.

Одной из таких тем является изучение свойств электрона. Классическая физика оперирует всего двумя параметрами: зарядом и массой электрона. Измерение этих величин, являющихся глобальными константами, желательно включить в лабораторный практикум как по идейным соображениям, так и с целью лучшего запоминания этих величин.

Просматривая весьма большой материал по реализации физического лабораторного практикума, можно заметить, что учебное измерение заряда электрона реализуется только тремя способами: воспроизведением опыта Милликена, электролизом и исследованием дробового шума радиолампы [4]. Данные мето-

ды громоздки, трудно реализуемы в учебной лаборатории, и позволяют лишь оценить порядок измеряемой величины. В то же время современная электроника дает возможность осуществить измерение заряда электрона значительно более простыми средствами и с гораздо лучшей точностью. Известно, что ВАХ германиевого *p-n*-перехода при малых напряжениях и токах через него с хорошей точностью описывается формулой Шокли:

$$U_T = \frac{kT}{e},$$

где  $U_T$  – температурный потенциал,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – абсолютная температура,  $e$  – элементарный заряд.

Определив  $U_T$  по измерениям ВАХ и зная  $k$  и  $T$ , вычисляем элементарный заряд.

Лабораторная установка представляет собой компьютеризированный характеристикограф, позволяющий получать графики и таблицы ВАХ двухполюсников в диапазоне напряжений 0–5 В и токов 0–1 мА.

Электрическая схема установки показана на рисунке 1. Установка воспроизводит вольтамперную характеристику диода VD1, подключаемого к внешним гнездам Гн1 и Гн2. Сканирование тока и напряжения на исследуемом двухполюснике осуществляется широтно-импульсным методом. Число ступеней изменения тока равно 256. Этого достаточно для определения температурного потенциала с погрешностью, не превышающей 5 %.

Установка имеет собственный блок питания от сети 220 В и подключается к компьютеру либо через ком-порт, либо через USB-порт. В последнем случае на диске компьютера должен присутствовать т. н. inf-файл, необходимый для программной имитации ком-порта.

Компьютерная программа «ВАХ» предусматривает «псевдоручное» сканирование тока измеряемого диода. Этот методический прием позволяет учащимся непосредственно управлять процессом, наблюдая его протекание на мониторе.

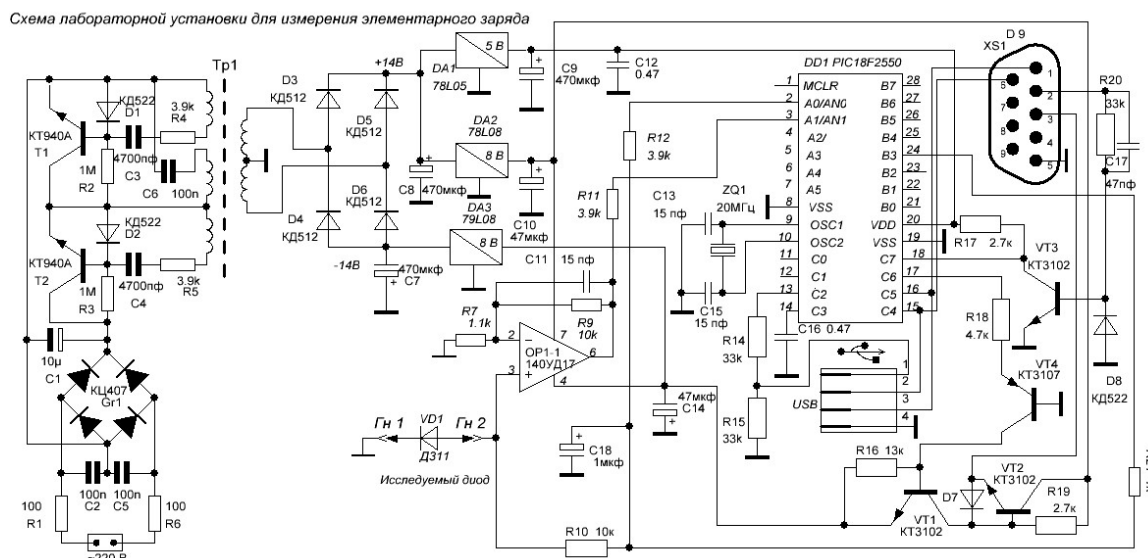


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки для измерения элементарного заряда



После включения установки с исследуемым диодом и запуска программы «ВАХ» на экране появляется пустая координатная сетка с кнопками «Пуск», «Шаг», «Закончить». После нажатия кнопки «Пуск» необходимо согласиться с открытием порта. Сканирование ВАХ осуществляется многократно нажатием кнопки «Шаг». С каждым нажатием на графике появляется новая точка, а в создаваемом файле *actual.txt* – новая строка. Текущие значения тока диода и напряжения на нем индицируются в верхней части экранной вкладки. Точки на графике ложатся густо и сливаются в почти непрерывную кривую. При нажатиях с темпом 2-3 раза в секунду время сканирования составляет около 2 минут.

На рисунке 2 показан снимок экрана монитора после окончания сканирования. При нажатии кнопки «Закончить» на диске остается файл *actual.txt*, содержащий двухстолбцовую таблицу всех сделанных отсчетов. Эта таблица затем загружается в электронную таблицу *Excel* для обработки накопленных данных.

Обработка заключается в нахождении наилучшей аппроксимации экспонентой полученной зависимости и определения коэффициента в показателе экспоненты. *Excel* предоставляет для этого удобный инструмент в виде построения графика исследуемой зависимости и «линии тренда» с минимальной квадратичной погрешностью. При этом выдается выражение аппроксимирующей функции. Так как экспоненциальная аппроксимация справедлива только для токов, значительно превышающих обратный ток перехода, несколько начальных отсчетов из полученного их множества необходимо отбросить. *Excel* делает это очень наглядно: при удалении начальных строк таблицы аппроксимирующая кривая точнее совпадает с полученным графиком.

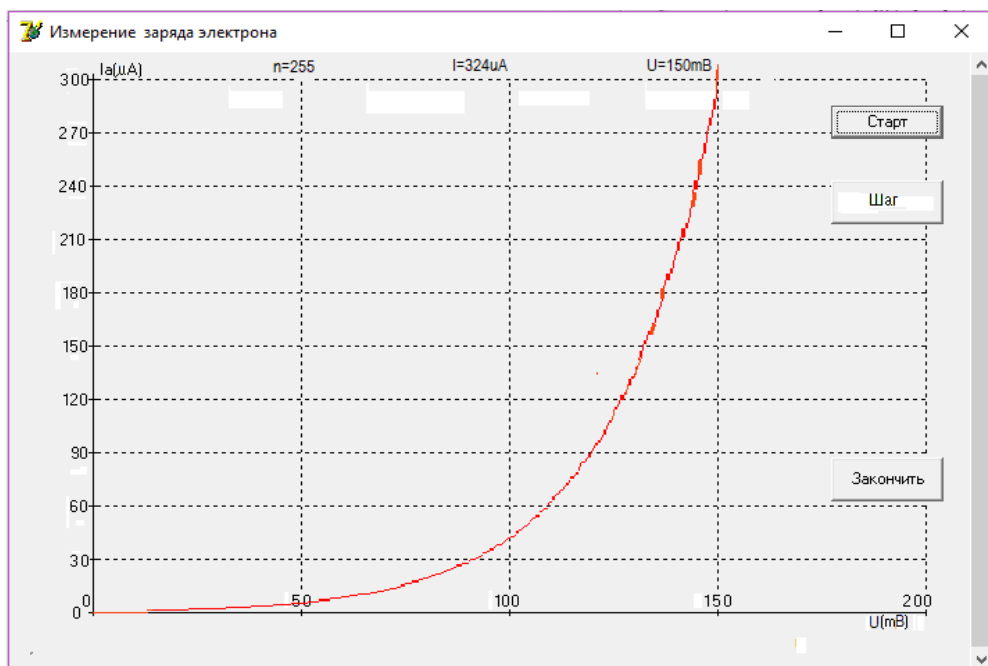


Рисунок 2 – Снимок экрана монитора после окончания сканирования

При налаживании и подготовке к эксплуатации описанной лабораторной установки было испробовано большое число р-п-переходов в германиевых транзисторах и диодах. Измеренная величина элементарного заряда находится в интервале  $(1.4\text{--}1.7)\cdot 10^{-19}$  Кл. Хорошие результаты измерений  $(1.60\text{--}1.65)\cdot 10^{-19}$  Кл дают диффузионные диоды Д310 и Д311.

Второй работой лабораторного цикла является измерение удельного заряда электрона (отношения заряда к массе –  $e/m$ ), которое при известной величине заряда позволяет вычислить массу электрона. В учебных лабораториях измерение удельного заряда, в основном, реализуется двумя способами: методом магнетрона (очень неудачное название) и методом измерения ВАХ вакуумного диода [5]. В обоих методах требуется построение графика зависимости и ее аппроксимация, что при «ручном» способе измерений по точкам дает огромную погрешность. В результате определяется лишь порядок измеряемой величины.

Компьютеризация данных опытов позволяет в десятки раз увеличить количество отсчетов, использовать при обработке более достоверную статистику и в десятки раз уменьшить погрешность измерений. Для реализации лабораторной установки был выбран «метод магнетрона», который является более наглядным, не требует сложной послеопытной обработки данных и дает лучшую точность.

Многолетняя практика «ручного» измерения зависимости анодного тока вакуумного диода от индукции осевого магнитного поля убедила очень многих в том, что данная зависимость выражается плавным графиком, требующим замысловатой обработки. Однако снятие данного графика с плотным множеством отсчетов показывает наличие на нем скачка, соответствующего критическому значению индукции магнитного поля, при которой элементарная теория предсказывает скачкообразное обнуление тока. На фотографии экрана монитора, показанной на рисунке 3, этот скачок выделен кружками.



**Рисунок 3 – Снимок экрана монитора после окончания сканирования**

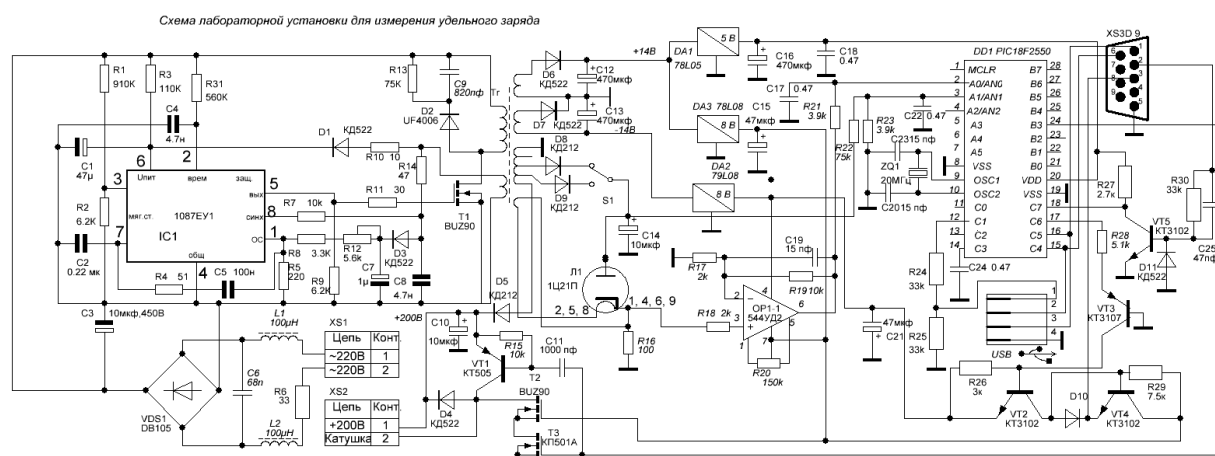
Процесс сканирования в данной установке автоматический, для его начала достаточно нажать кнопку «Сканировать». Индукция магнитного поля изменяется от 0 до 40 мТл в течение 30 секунд. Столь малые затраты времени позволяют многократно осуществить процесс сканирования и тем самым уточнить величину критической индукции. При больших величинах анодного напряже-

ния скачок анодного тока проявляется отчётливее. На рисунке 3 показаны два скана, соответствующие величинам анодного напряжения 50 и 100 В.

Схема лабораторной установки, показанная на рисунке 4, более громоздкая, в сравнении с предыдущей, но только за счет усложнения блока питания, который должен обеспечить мощность 50 Вт для катушки соленоида.

Эта катушка содержит 10000 витков и сделана съёмной. Учащиеся снимают несколько графиков зависимости анодного тока от величины индукции поля при снятой с лампы катушке. Естественно, эти графики представляют собой горизонтальные линии (см. рисунок 3). Затем катушка надевается на лампу и снимается еще несколько графиков, по которым делается вывод о влиянии поля катушки на анодный ток, определение критической индукции поля и вычисление

удельного заряда электрона по формуле 
$$\frac{e}{m} = \frac{8U_a}{[B_{кр}(R_a - R_k)]^2}$$
. Радиусы анода  $R_a$  и катода  $R_k$  используемой радиолампы 1Ц21П даны в описании работы.



**Рисунок 4 – Модернизированная схема лабораторной установки для измерения элементарного заряда**

В заключение отметим, что реализация концепции специализированных лабораторных установок в сочетании с персональным компьютером оказывается весьма плодотворной. При минимальных материальных затратах, а зачастую и с материальным выигрышем, она позволяет существенно улучшить точность учебных измерений, сделать их более наглядными, интересными и современными.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лабораторный практикум по механике : учебн. пособие / А. Л. Клавсюк [ и др.]. – М. : ООП Физ. фак-та МГУ, 2014. – Часть 1. – 215 с.
2. Козлов, В. И. Антология общего физического практикума / В. И. Козлов. – М. : Физический факультет МГУ, 2009. – Часть 1. – 248 с.
3. Ворсин, Н. Н. О современном физическом практикуме / Н. Н. Ворсин // Оптика неоднородных структур : материалы IV Междунар. научн.-практ. конф. – Могилев, 2015. – С. 125–128.
4. Гольдин, Л. Л. Лабораторные занятия по физике (Работа 35) / Л. Л. Гольдин. – М. : Наука, 1983. – С. 115–119.
5. Измерение удельного заряда электрона. Лабораторный практикум по общей физике (электричество и магнетизм) : учебн. пособие / П. В. Киров [и др.]. – М. : ООП Физ. фак-та МГУ, 2010. – С. 20.

УДК 621.316.925:001.8

## **СТЕНД РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ПОДСТАНЦИИ**

**И. Л. Гаврилова, М. Н. Григорович**

*г. Гродно, УО «Гродненский государственный университет  
имени Янки Купалы»*

Электромеханические устройства релейной защиты и автоматики (РЗА) выработали свой ресурс. Их эксплуатация трудоёмка, требует специфической подготовки персонала, не позволяет эффективно включить систему РЗА в современную автоматизированную систему управления технологическим процессом. В связи с этим в системе энергетики проводится модернизация оборудования релейной защиты и автоматики на существующих подстанциях, требующая переобучения специалистов.

Цель работы заключается в разработке демонстрационного стенда, который предоставляет возможность наглядно ознакомиться с работой оборудования, предназначенного для релейной защиты и автоматики отходящих линий и элементов подстанции.

В ходе исследований были решены следующие задачи:

- разработан микропроцессорный комплекс релейной защиты и автоматики элементов высоковольтной подстанции;
- изготовлен демонстрационный стенд работы комплекса;
- проведен расчет уставок для микропроцессорного реле, обеспечивающих надежную защиту оборудования.

В системе противоаварийного управления релейная защита занимает самые передовые позиции, поскольку первая встречает основное возмущение в электрических системах – короткие замыкания (КЗ) – и адекватным способом реагирует на их появление.

Релейная защита элементов подстанции должна обладать следующими свойствами [1]:

- быстродействием – как можно быстрее отключить поврежденное оборудование, чтобы минимизировать размеры повреждения и соответственно материальные убытки;
- селективностью – избирательностью срабатывания защит по току и по времени (отключить только участок или поврежденный элемент посредством его автоматических выключателей);
- чувствительностью, т. е. обеспечивать нормальный режим работы данной электрической установки или электрической сети, на которые она рассчитана, для того чтобы обеспечить надежную защиту в самом начале возникновения повреждения. Также чувствительность должна обеспечить действие релейной защиты при повреждении на смежных участках;
- надежностью – действие защиты должно быть правильным и безотказным при нарушении нормального режима работы, для действий, при которых она предназначена, и не действовать при нормальных условиях режима работы, при

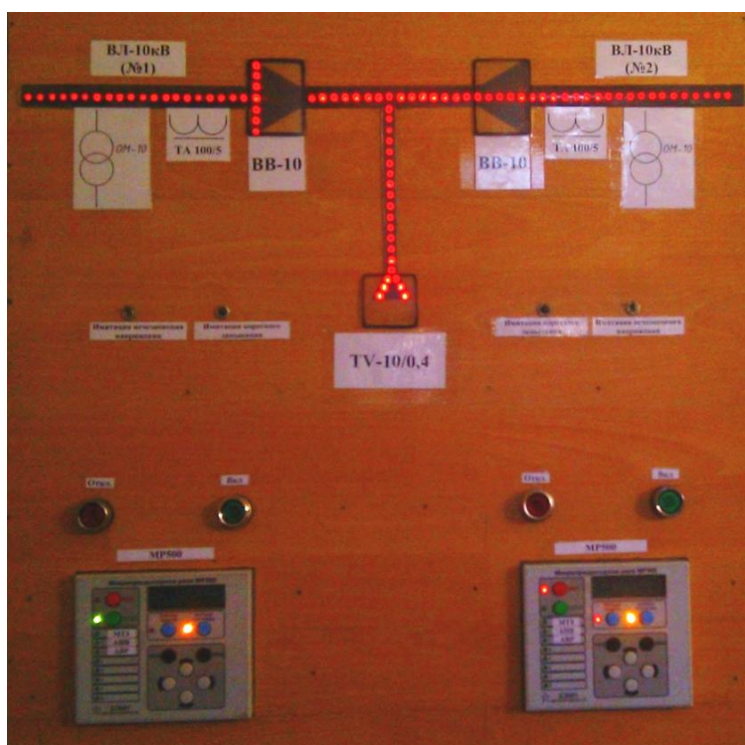
которых действие данного вида защит не предусмотрено и должна действовать другая защита.

Выполнять следующие задачи [2]:

– релейная защита должна реагировать на трехфазные, двухфазные замыкания на землю. Поскольку однофазные замыкания не относятся к коротким замыканиям и могут существовать два или более часов, то за это время можно переключить нагрузку на другой источник и уже после этого отключить линию. В ряде случаев защита замыканий на землю может отсутствовать, например на воздушных линиях, для которых отсутствуют трансформаторы тока нулевой последовательности. В этом случае поиск места неисправности будет проводиться путем поочередного отключения линий;

– релейная защита должна обеспечивать максимальную защиту, которая является главной, а иногда и единственной защитой линий 6-35 кВ. Максимальная токовая защита отстраивается от тока нагрузки, обеспечивает отключение на своей линии, а если позволяет ее чувствительность – резервирует отключение смежного участка. Такая защита состоит из двух элементов: максимальной токовой защиты и токовой отсечки.

Для наглядного ознакомления с работой оборудования, предназначенного для релейной защиты и автоматики отходящих линий и элементов подстанции, разработан демонстрационный стенд (рисунок 1) с учетом требований [3-5], предъявляемых к системам релейной защиты.



*Рисунок 1 – Демонстрационный стенд*

Стенд обеспечивает защиту оборудования при токах короткого замыкания, присутствует функция автоматического повторного включения и автоматического ввода резерва. Это позволяет существенно сократить время локализации поврежденного участка и оборудования, а следовательно минимизировать за-

траты на обслуживание во время ненормальных условий работы и снизить материальный ущерб.

Разработанный стенд позволяет наглядно продемонстрировать работу комплекса релейной защиты, а также получить и усовершенствовать навыки программирования параметров установок микропроцессорного реле МР500 [5] как на лицевой панели, так и с помощью персонального компьютера через порт RS232. Стенд используется для проведения занятий по дисциплинам «Электрооборудование станций и подстанций промышленных предприятий» и «Релейная защита и автоматика», читаемым на кафедре электротехники и электроники.

Работа выполнена по заданию филиала Гродненского республиканского унитарного предприятия «Гродноэнерго», Гродненские электрические сети, а также учебного центра.

По результатам работы представлены акты внедрения на предприятие РУП «Гродноэнерго», Гродненские электрические сети и РУП «Учебно-научно-производственный центр «Технолаб».

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Беляков, Ю. С. Релейная защита, автоматика и телемеханика электроэнергетических систем и систем электроснабжения потребителей / Ю. С. Беляков. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2012. – 110 с.
2. Техническое описание устройств релейной защиты, автоматики и противоаварийной автоматики (РЗА и ПА) основного оборудования Белорусской энергосистемы / БГЭК «Белэнерго», производственное энергетическое предприятие «ОДУ», служба релейной защиты и противоаварийной автоматики. – Минск, 1999. – 60 с.
3. Правила устройства электроустановок. – Минск : УП «ДИЭКОС», 2003. – 632 с.
4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. ТКП 181-2009. – Минск : Минэнерго, 2014. – 534 с.
5. Реле микропроцессорное МР500 защиты и автоматики ввода, линии, секционного выключателя. Руководство по эксплуатации. – Минск : БЭМН, 2015. – 177 с.

УДК 372.016:53

### **ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ОДАРЕННЫХ УЧАЩИХСЯ К ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМУ ЭТАПУ ОЛИМПИАДЫ ПО ФИЗИКЕ В РАМКАХ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ СБОРОВ**

**А. В. Демидчик**

*г. Брест, УО «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина»*

Республиканская олимпиада по физике (заключительный IV этап) проходит во многом благодаря таким замечательным педагогам, как Анатолий Иванович Слободянюк (бессменный на протяжении 25 лет председатель жюри), Г. С. Кембровский, В. В. Барашков, К. Д. Сечко, Л. Г. Маркович, Н. В. Козловский и др., которые не только являются членами жюри, но и авторами оригинальных заданий.

Так как настоящая конференция посвящена Н. И. Чопчицу, следует указать на то, что он долгое время проработал членом жюри на III этапе республиканской олимпиады по физике (область), а также на заключительном IV этапе, являясь одновременно ещё и автором-составителем некоторых олимпиадных заданий, что, безусловно, свидетельствует о его способности к нестандартному мышлению и глубокому пониманию физики. Поэтому в настоящей статье хотелось бы затронуть лишь некоторые аспекты подготовки к олимпиаде по физике. Слово «подготовка» в данном контексте обращена не к ученикам, а к преподавателям, означая процесс поиска тренировочных заданий и методик преподавания соответствующего материала.

Выступление учащегося на олимпиаде по физике – одна из возможностей интеллектуального самоутверждения личности, которая говорит о том, что ученик имеет более высокий уровень знаний по предмету в сравнении со своими одноклассниками. Для такого учащегося необходима дополнительная подготовка не только в рамках учебной программы, но и за её пределами. Для этого учреждения среднего образования проводят широкий спектр мероприятий: факультативные занятия, Дни науки, совместная под руководством учителей и преподавателей вузов научно-исследовательская деятельность, занятия в рамках филиалов кафедр, в ресурсных центрах на базе школ, гимназий, лицеев и т. п. Цель этих занятий – не только закрепить пройденный по школьной программе материал, но и дать более глубокие, иногда новые, знания по всем разделам физики, а не только по тем, которые изучаются в данный момент. Необходимость в новых знаниях, выходящих за рамки пройденного материала, обусловлена ещё и тем, что, например, анализ заданий областной (и республиканской) олимпиады показывает устойчивую тенденцию авторов преподносить ученикам на олимпиаде совершенно новые сведения для ознакомления, а затем на основании этого нового делать какие-то выводы или связи с уже ранее пройденным (например, термоэлектрические явления (2016 год, Гомель) или опыты Кулона в 10 классе (2018 год, Полоцк), либо требуют более серьёзных знаний, чем те, которые они получают на уроках (например, опыты Джоуля в 9 классе (2017 год, Гродно), магнитное поле соленоида в 11 классе (2014 год, Могилёв), фотоэлектронный умножитель в 11 классе или туннельный диод в 10 классе (2019 год, Витебск)). Перед руководителями команд, учителями, преподавателями, ведущими подготовку высокомотивированных и одарённых учащихся, на этом этапе стоит вопрос о том, какой материал и в какой степени преподносить школьникам. Решение задач является необходимым, но недостаточным условием качественной подготовки: оно позволит повторить усвоенный на уроках материал, применить его в нестандартных, часто идеализированных условиях.

Работа с 2014 года в качестве члена жюри на заключительном IV этапе республиканской олимпиады школьников по физике позволила систематизировать предлагаемый в качестве заданий материал, что, возможно, будет полезно при расстановке акцентов в процессе подготовки к олимпиаде. Согласно действующей в настоящее время учебной программе по физике для общеобразовательных учреждений, утверждённой Министерством образования, разделы физики (или их элементы) изучаются: механика – в 7, 9 и 11 классах, молекулярная физика – в 7, 8 и 10 классах, электричество и магнетизм – в 8, 10 и 11 клас-

сах, оптика – в 8 и 11 классах. Чтобы не проводить охват всех разделов во всех классах, остановимся на разделе «Электричество и магнетизм» и проанализируем, с 2014 года, в каких турах и каких классах знания по нему были востребованы. Для удобства классификация материала по годам, турам сведена в таблицу

(тур 1 – теоретический, тур 2 – экспериментальный).

9 класс						
год	2014	2015	2016	2017	2018	2019
тур 1			+	+	+	+
тур 2				+		
10 класс						
год	2014	2015	2016	2017	2018	2019
тур 1	+	+		+	+	+
тур 2	+	+				+
11 класс						
год	2014	2015	2016	2017	2018	2019
тур 1	+	+	+	+		
тур 2		+		+	+	+

Изучение электричества в учреждениях общего среднего образования начинается в 8 классе с темы «Электромагнитные явления», которая включает в себя основы электростатики (электризация, состав атома, проводники и диэлектрики), основы постоянного тока (законы Ома и Джоуля-Ленца), а также элементарные сведения по магнетизму (постоянные магниты, магнитное поле Земли). На более глубоком уровне изучение курса продолжается в 10 классе, при этом программа по содержательному уровню уже близка к высшей школе (закон Кулона, потенциал, напряжение и напряжённость, связь между ними, электроёмкость, конденсаторы, энергия поля, ЭДС, КПД источника, ток в металлах, полупроводниках, жидкостях и газах, электромагнитная индукция, силы Ампера и Лоренца, индуктивность). Завершается изучение курса в 11 классе темой «Электромагнитные колебания и волны» (формула Томсона, трансформатор, шкала электромагнитных волн). Анализ школьного курса позволяет сделать вывод о корреляции школьного и университетского курсов по электромагнетизму.

В лаборатории «Электричества и магнетизма» на базе кафедры общей и теоретической физики БрГУ имени А. С. Пушкина могут быть выполнены следующие лабораторные работы:

Измерение сопротивления в цепях постоянного тока.

Изучение электроизмерительных приборов.

Измерение электродвижущей силы методом компенсации.

Измерение полезной мощности и КПД источника в зависимости от нагрузки.

Исследование зависимости электропроводности проводника от температуры.

Изучение контактных явлений в проводниках.

Изучение контактных явлений в полупроводниках.

Экспериментальное исследование зависимости электропроводности полупроводников от температуры.

Изучение закона Ома в цепях переменного тока.

Изучение термоэлектронной эмиссии.



Изучение магнитного поля соленоида.

Так, например, задания, предлагаемые в ходе выполнения лабораторной работы «Измерение полезной мощности и КПД источника в зависимости от нагрузки», предлагались для выполнения в 2006 году на районной олимпиаде в Минске учащимся 10 класса. В лабораторной работе предлагаемая к построению зависимость падения напряжения на нагрузке от тока нагрузки имеет линейный вид (с увеличением напряжения ток уменьшается). Это позволяет путём аппроксимации получить на графике точку, в которой падение напряжения на нагрузке равно нулю, что даёт ток короткого замыкания, ЭДС источника и его внутреннее сопротивление.

УДК 539.182, 378.147.88

## **НОВОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ЧАСТИЦА В ОДНОМЕРНОЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЯМЕ»**

**П. Б. Кац**

*г. Брест, УО «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина»*

Одной из простейших задач квантовой механики является задача о движении частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме [1, с. 176]. Более сложной задачей, но более приближенной к реальности является задача о движении частицы в одномерной потенциальной яме конечной глубины [1, с. 223]. При решении задач по соответствующей теме, как правило, ограничиваются аналитическими вычислениями положения уровней в бесконечно глубокой потенциальной яме и вероятностей нахождения частицы на разных участках ямы. Поэтому полезным является выполнение теоретической лабораторной работы, посвященной потенциальным ямам конечной и бесконечной глубины.

В старом варианте работы студентам предлагалось исследовать положение уровней и волновые функции стационарных состояний частицы в одномерной яме конечной глубины и одномерной яме с одной бесконечной стенкой. В большинстве курсов общей физики, читаемых для технических и педагогических специальностей, рассматривается только бесконечно глубокая потенциальная яма, которой в лабораторной работе уделено недостаточно внимания.

В новом методическом руководстве предлагается три задания.

1. Вычислить для двух бесконечно глубоких потенциальных ям разной ширины положение первых трех энергетических уровней для электрона и протона или нейтрона (в зависимости от варианта). Результат представить в эВ. Вычислить максимальные значения модулей волновых функций и плотности вероятности для каждой ямы. Построить в масштабе диаграмму уровней для одного из рассмотренных случаев. На диаграмме уровней изобразить графики  $\psi(x)$  для одного из уровней и  $\rho(x)$  для всех уровней. Указать масштаб для энергии, волновой функции и плотности вероятности.

2. Для заданных глубины и ширины ямы найти число и положения энергетических уровней.

3. Для заданных глубины и ширины ямы и энергии электрона вычислить коэффициент пропускания.

Второй пункт студенты выполняют, используя программу, написанную в Mathematica. Для нахождения положения энергетических уровней необходимо найти вещественные корни уравнения [1, с. 225].

$$\frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}l = \pi n - 2 \arcsin \sqrt{\frac{E}{U}}, \quad (1)$$

где  $n=1,2,3,\dots$ , а значения  $\arcsin$  берутся в интервале  $(0, \pi/2)$ .

Ниже на рисунке 1 скриншот программы для случая ямы шириной 0,2 нм и глубиной 10 эВ. Видно, что в яме имеется 2 уровня.

```

Wolfram Mathematica 9.0 - [к лабораторной 6 атомная физика.nb *]
File Edit Insert Format Cell Graphics Evaluation Palettes Window Help
к лабораторной 6 атомная физика.nb *

In[8]:= l = 0.2 * 10 ^ (-9)
        U = 10
        h = 1.0546 * 10 ^ (-34)
        m = 9.109 * 10 ^ (-31)

Out[8]= 2. * 10^-10
Out[9]= 10
Out[10]= 1.0546 * 10^-34
Out[11]= 9.109 * 10^-31

In[12]:= FindRoot [ (sqrt(2 * m * En * 1.602 * 10 ^ (-19)) / h) * l == Pi - 2 ArcSin [sqrt(En / U)], {En, 0, 10} ]
Out[12]= {En -> 3.41513}

In[13]:= FindRoot [ (sqrt(2 * m * En * 1.602 * 10 ^ (-19)) / h) * l == 2 Pi - 2 ArcSin [sqrt(En / U)], {En, 0, 10} ]
Out[13]= {En -> 9.97763}

In[14]:= FindRoot [ (sqrt(2 * m * En * 1.602 * 10 ^ (-19)) / h) * l == 3 Pi - 2 ArcSin [sqrt(En / U)], {En, 0, 4} ]
FindRoot::cvmit : Failed to converge to the requested accuracy or precision within 100 iterations. >
Out[14]= {En -> 23.0289 + 4.05845 * 10^-19 i}
    
```

**Рисунок 1 – Программа для расчета положения энергетических уровней электрона в одномерной потенциальной яме конечной глубины**

Коэффициент пропускания ямы конечной глубины вычисляется по формуле [2, с. 229]

$$D = \left(1 + \frac{U^2 \sin^2(k_2 l)}{4E(E - U)}\right)^{-1}, k_2 = \sqrt{2mE / \hbar^2}. \quad (2)$$

Предлагается несколько вариантов задания, чтобы каждое звено выполняло вычисления самостоятельно. В конце работы приводится список контрольных вопросов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартинсон, Л. К. Квантовая физика / Л. К. Мартинсон. – М. : Издательство МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2004. – 496 с.

УДК 53.05

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ШКОЛЬНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**И. В. Леванчук**

*г. Брест, государственное учреждение образования  
«Гимназия № 2 г. Бреста»*

Современный мир невозможно представить без компьютерных технологий, они довольно прочно обосновались практически во всех сферах деятельности человека. Преподавание физики в общеобразовательной школе в силу особенностей самого предмета представляет собой благоприятную сферу для применения современных информационных технологий. Их использование на уроках физики способствует максимальному развитию учащихся, созданию условий для повышения мотивации обучения, развитию познавательного интереса, активизации учебной деятельности.

Дидактическая сущность электронных средств обучения в том, что они позволяют осуществлять разностороннее, комплексное воздействие на учащихся. Использование электронных средств обучения позволяет создать искусственную образовательную среду для изучения предмета, увеличить объем индивидуальной и самостоятельной работы, организовать систематическую работу с учебной информацией. Применение в преподавании физики информационных технологий позволяет более успешно решать следующие задачи:

развивать образное мышление учащихся благодаря использованию широких возможностей представления визуальной информации;

воспитать познавательный интерес, опираясь на естественную тягу школьников к компьютерной технике;

совершенствовать методы обучения, ориентированные на индивидуальные познавательные потребности личности;

повышать эффективность обучения физике за счет активизации и интенсификации познавательной деятельности учащегося.

На уроках используются различные способы применения информационно-коммуникационных технологий.

Компьютерные демонстрации органично могут вписаться в любой урок и эффективно помочь учителю и ученику. Немаловажным обстоятельством является то, что существуют такие физические процессы или явления, которые невозможно наблюдать визуально в лабораторных условиях, например движение заряженных частиц. В данном случае компьютерные демонстрации имеют неограниченное значение, так как позволяют «сжать» временные и пространственные рамки и в то же время получать выводы и следствия, адекватные реальности.

Лабораторно-компьютерный практикум необходим, так как изначально в технологии заложена активная роль ученика. Этот вид занятий необычайно эффективен для его творческого развития. Компьютерный эксперимент прекрасно дополняет «реальный», проводимый с лабораторным оборудованием, а в случае необходимости и заменяет его. Даже при полной укомплектованности лабора-

тории кабинета физики требуемыми приборами и материалами реальный эксперимент требует значительно большего времени как на подготовку и проведение, так и на анализ результатов работы. При этом в силу своей специфики (значительные погрешности измерений, временные ограничения урока и т. п.) реальный эксперимент зачастую не реализовывает основное свое предназначение – служить источником знаний о физических закономерностях и законах. Все выявляемые зависимости носят лишь весьма приближенный характер, зачастую правильно рассчитанная погрешность превышает сами измеряемые величины. В компьютерном же эксперименте можно вычлнить главное в явлении, отсесть второстепенные факторы, выявить закономерности, многократно провести испытание с изменяемыми параметрами, сохранить результаты и вернуться к своим исследованиям в удобное время. К этому можно добавить ограничения по технике безопасности, запрещающие проводить ряд работ (например, с переменным током, с радиоактивными веществами и т. п.). В компьютерном варианте можно провести значительно большее количество экспериментов. Работа с современными компьютерными моделями открывает перед учащимися огромные познавательные возможности, делая их не только наблюдателями, но и активными участниками проводимых экспериментов. При использовании моделей компьютер предоставляет уникальную, не реализуемую в реальном физическом эксперименте возможность визуализации не реального явления природы, а его упрощенной теоретической модели, что позволяет быстро и эффективно находить главные физические закономерности наблюдаемого явления. Кроме того, при использовании предлагаемой программы учащийся может одновременно с ходом эксперимента наблюдать построение соответствующих графических зависимостей, что придает им особую наглядность. Графический способ отображения результатов моделирования облегчает учащимся усвоение больших объемов получаемой информации. Подобные модели представляют особую ценность, так как учащиеся, как правило, испытывают значительные трудности при построении и чтении графиков.

Все это не исключает использование реального эксперимента в школьном курсе физики. Невозможно научить ученика работе с приборами, показать особенности практического исследования, вычисления погрешностей результатов и т. п. иначе, как проводя настоящий «живой» эксперимент.

Так, при изучении математического маятника, сначала учащиеся выполняют лабораторную работу «Исследование зависимости периода и частоты свободных колебаний математического маятника от его длины», а затем проводят компьютерное исследование этой же зависимости с помощью «Интерактивных лабораторных работ». Разность значений, полученных при реальном и компьютерном эксперименте, позволяет говорить о погрешностях измерения не как об отвлеченных математических величинах, а как об обязательном факторе проведения реального компьютерного эксперимента. Также можно выполнять и лабораторную работу «Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки» и другие.

Практически невозможно обойтись без компьютерного эксперимента при изучении тем «Волновая оптика» и «Квантовые явления» в 11 классе, так как реальный эксперимент по данной теме провести в школьных условиях невоз-

можно. С помощью компьютерных моделей можно демонстрировать давление света, опыт Резерфорда, познакомить учащихся с различными моделями атомов и строением ядра атома. Можно демонстрировать интерференционную картину, дифракцию световых волн на различных препятствиях, можно показать практические применения тонких пленок для просветления оптики и др.

Эффективность использования информационных технологий зависит от того, как их будет использовать учитель. Усвоение знаний, связанных с большим объемом информации путем активного диалога с персональным компьютером, более эффективно, чем штудирование учебника. Ученик получает возможность моделировать разные схемы, а значит, видеть причины и следствия при включении различных элементов, понимать смысл этих действий. Работа с ЭСО влияет на мотивацию еще и потому, что раскрывает практическую значимость изучаемого материала, дает возможность учащимся проверять свой уровень компетенций, развивать навыки профессионального общения. Выбирая из множества современных технологий и методик наиболее соответствующие дидактическим целям урока, особенностям классного коллектива, другим факторам, важно помнить о самой главной задаче учителя – научить ребёнка учиться, раскрыть его творческий потенциал.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Усова, А. В. Формирование учебных навыков на уроках физики / А. В. Усова – Москва : Просвещение, 1988. – 112 с.
2. Минич, О. А. Информационные технологии в образовании / О. А. Минич. – Минск : Красико-Принт, 2010. – 148 с.

УДК 53.06+612.858.71

### **ПРИМЕНЕНИЕ ЗАДАЧ ПРАКТИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В КУРСЕ МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**

**Д. Б. Куликович, Е. С. Петрова, А. Л. Казушик**

*г. Гомель, УО «Гомельский государственный медицинский университет»*

Развитие и совершенствование образовательных технологий в высшей школе тесно связано с усилением роли практического обучения, которое наряду с применением модульного подхода, межпредметных связей выдвигает на первый план компетентностный подход к изучению учебного предмета, т. е. практическую ориентированность изучаемого материала в приложении к будущей профессии [1].

Курс медицинской и биологической физики, как базовый в вузах медицинского профиля, например для кафедр нормальной физиологии, лучевой терапии, томографии, диагностических подразделений УЗИ и др., в основном своем компоненте имеет профильную направленность, рассматривая физические законы и явления применительно к решению медицинских задач. Знания, получаемые студентами по курсу медицинской и биологической физики, включают также материал, необходимый для понимания принципов устройства медицин-

ской аппаратуры и правил ее безопасного использования; элементы статистической и графической обработки результатов эксперимента, используемые для количественного описания медико-биологических процессов и обработки медицинских данных [2].

К приоритетным направлениям научно-технологического развития медицины, утвержденных стратегией «Наука и технологии: 2018-2040» на Втором съезде ученых Республики Беларусь были названы, в том числе, цифровые технологии и роботизация, разработка средств диагностики и др.

В связи с этим практическая применимость материала, изучаемого в курсе медицинской и биологической физики, выдвигается на первое место не только как критерий обученности, но и как инструмент обучения, обуславливая усиление мотивации учебного процесса.

Реализацию практической составляющей обучения можно рассмотреть на основе лабораторной работы «Снятие спектральной характеристики уха на пороге слышимости» в курсе «Медицинской и биологической физики».

В процессе усвоения теоретического материала по данному разделу (исходный уровень) студент должен ответить на вопрос: что представляет собой звук; указать его физические характеристики; изучить аспекты слухового ощущения (физиологические или субъективные характеристики) и их взаимосвязь с физическими характеристиками звука; иметь представление о звукопроводящей и звуковоспринимающей средах аппарата слуха человека, физических основах звуковых методов исследования в клинике. Особое внимание уделяется основам аудиометрии как методу измерения остроты слуха, вводятся понятия порога слышимости, порога болевого ощущения, принципам построения аудиограммы в медицине.

Практической целью исследования является определение минимальной интенсивности звука, воспринимаемой ухом на выбранной частоте, построение аудиограммы. Получение аудиограммы правого и левого уха с использованием универсального измерительного медицинского комплекса и анализ полученной аудиограммы. Тональная пороговая аудиограмма позволяет графически представить степень снижения слуха, соотношение порогов слышимости и диапазона звуков разговорной речи, конфигурацию аудиограммы, тип тугоухости.

Оборудование для данной лабораторной работы представлено универсальным медицинским комплексом ПДК (блок аудиометра) и лабораторной установкой, состоящей из генератора сигналов РГЗ-124 со встроенными аттенуатором, головными телефонами.

В первой части лабораторной работы с использованием лабораторной установки фиксируется усредненная аудиограмма обеих ушей. Испытуемый сам оценивает: слышит он звук или нет. Порог слышимости испытуемого оценивается относительно стандартизированного порога слышимости нормально слышащих молодых взрослых людей в расширенном диапазоне от 125 до 14000 Гц. В этой и второй частях работы используется тональная пороговая аудиометрия. С помощью головных воздушных телефонов, размещенных на ушной раковине, измеряют пороги слышимости воздушно-проведенных тонов. После чего полученные данные обрабатываются на компьютере и интерпретируются в виде тональной аудиограммы (пример полученной аудиограммы представлен на рисунке 1).

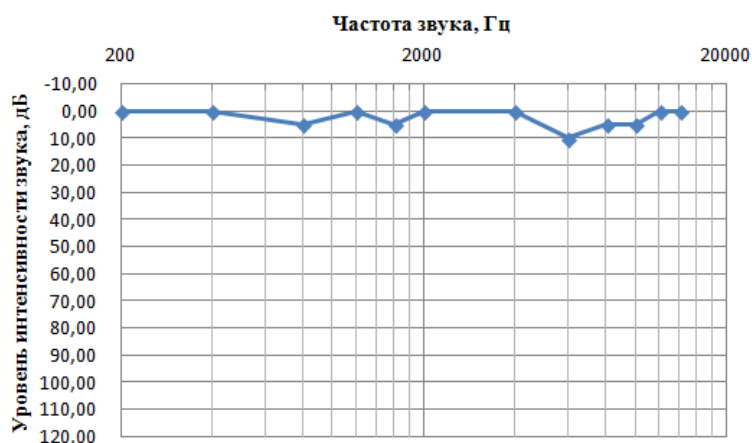


Рисунок 1 – Пример полученной тональной аудиограммы

При выполнении второй части лабораторной работы студентам предлагается получить аудиограмму левого и правого уха, с использованием универсального медицинского комплекса ПДК. В данной части работы применяется так называемая тональная пороговая аудиометрия с использованием встроенного аудиометра, который генерирует тоны на определенных частотах. Стандартный диапазон: 125, 250, 500 Гц, 1, 2, 4, 6 кГц. Тональный аудиометр позволяет определять слуховые пороги как наименьшую интенсивность звука, воспринимаемую ухом испытуемого. Результаты исследований двух ушей также заносятся в бланк аудиограммы.

Анализируя аудиограмму (рисунок 2), студенты делают выводы о соответствии слуха норме, используя Международную классификацию степени тугоухости (классификация ВОЗ), основанную на усредненных значениях порога восприятия звука на речевых частотах (250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 Гц) (см. таблицу 1) [3].

Таблица 1 – Классификация ВОЗ степени тугоухости

Степень тугоухости	Среднее значение порога слышимости на речевых частотах, дБ
I	26–40
II	41–55
III	56–70
IV	Более 70

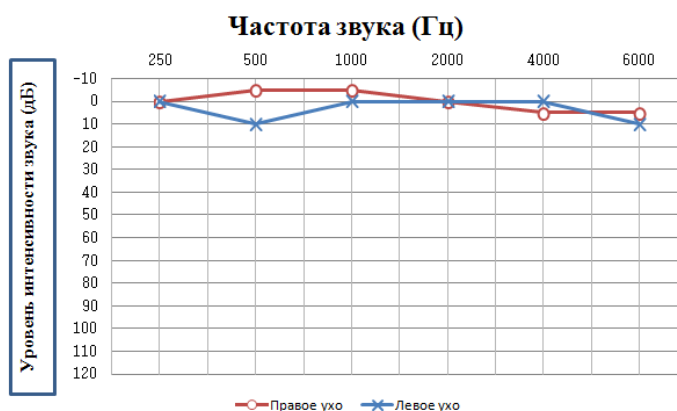


Рисунок 2 – Пример аудиограммы обеих ушей испытуемого

Таким образом, включение в элементы обучения задач практической направленности позволяет сформировать навыки грамотного интерпретирования экспериментальных результатов, использования обобщающего закрепления изученного материала, охватывает как задачи физических методов исследования биологических систем и их элементов, так и практическое применение физической медицинской аппаратуры и в то же время демонстрирует явное преимущество применения практически ориентированных методик обучения как возможности подготовки специалиста, обладающего знаниями и умениями, позволяющими использовать полученные навыки для решения профессиональных задач.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Петрова, Е. С. Методические аспекты реализации межпредметных связей в курсах медицинской и биологической физики и информатики в медицине / Е. С. Петрова [и др.] // Мультидисциплинарный подход к диагностике и лечению коморбидной патологии: сб. науч. статей Республиканской научно-практической конференции с международным участием, Гомель, 29–30 ноября 2018 г.; редкол.: А. Н. Лызиков [и др.]. – Гомель : ГомГМУ, 2018. – С. 375–378.
2. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика : учебник для вузов / А. Н. Ремизов, А. Г. Максина, А. Я. Потапенко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Дрофа, 2003. – 560 с.
3. Затолока, П. А. Методы исследования звука : учеб.-метод. пособие / П. А. Затолока. – Минск : БГМУ, 2009. – 16 с.



**СЕКЦИЯ 3  
НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

УДК 001.83:06.048.6: 530.043:53.087.4

**НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАФЕДРЫ ФИЗИКИ БРЕСТСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА:  
ПРОЕКТЫ И ПАРТНЕРЫ**

**М. М. Барковская, А. А. Гладыщук, Т. Л. Кушнер, Н. П. Тарасюк,  
С. В. Чугунов, Л. П. Щербаченко, Н. Н. Ворсин, В. И. Гладковский**  
*г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»*

Одной из важнейших особенностей социального развития общества в настоящее время является системная интеграция науки, техники и производства. Такие явления, как «научно-техническая революция» и «технологический прорыв», можно проиллюстрировать на примере развития физики. Так, если между первыми научными открытиями в области электрических явлений и введением в строй первой электростанции прошло немногим более ста лет, то между открытием цепной ядерной реакции и практической реализацией ее разрушительного действия прошло чуть более пятнадцати лет. Около десяти лет понадобились для того, чтобы внедрить в производство результаты исследований в области полупроводников и менее пяти лет – на техническое освоение научных открытий в области лазерной физики.

Если с 50-х до конца 70-х годов XX века интенсивно развивались атомная энергетика, ракетно-космическая техника, производство и широкое использование компьютерных систем, то с конца 70-х годов XX столетия и до начала XXI столетия приоритетными направлениями процесса освоения новых научных знаний становятся технологии деятельности. Появляются гибкие автоматизированные производства, геновая инженерия, нано- и биотехнологии. В 80-90-е годы XX века высокого уровня развития достигает информационно-технологическая индустрия. Энерго- и материалоемкие производства все более интенсивно начинают вытесняться информационными технологиями, которые проникают во многие области нашей жизни. Все эти технологические инновации не только радикально революционизируют сферу производственной деятельности человека, но и погружают его в принципиально иной необычный мир коммуникации и социокультурных взаимодействий. Первые десятилетия XXI века ознаменовались дальнейшим ускорением научного прогресса и продолжающейся экспансией информационных технологий.

Наука становится подлинным источником «высоких технологий» и столь же высокого уровня интенсивности жизни. Эти ее особенности все рельефнее начинают проявляться в наше время, которое многими экспертами оценивается как начало третьего этапа современной научно-технической революции.

Неотъемлемой частью деятельности любой кафедры учреждений высшего образования является научно-исследовательская работа, которая может выпол-

няться как профессорско-преподавательским составом кафедры, так и штатными научными сотрудниками.

В данной статье будут освещены некоторые научные исследования, проводимые сотрудниками кафедры физики Брестского государственного технического университета во взаимодействии с партнерскими организациями Республики Беларусь, России, Германии и других стран.

80-90-е годы прошлого века можно назвать ренессансом научной деятельности кафедры физики БрГТУ. Именно в эти годы по инициативе заведующего кафедрой канд. физ.-мат. наук Гладышука А. А. были приняты на работу в качестве преподавателей несколько человек, которые в дальнейшем проявили себя как ученые высочайшей квалификации.

Прежде всего отметим несколько проектов, которые кафедра физики осуществляла совместно с Высшей технической школой Равенсбург-Вайнгартен (Германия). Первопроходцами в налаживании контактов являлись доценты А. А. Гладышук и Н. И. Чопчиц, которые посетили партнеров в 1991 году и предложили несколько совместных проектов в сфере преподавания общей физики, проведении научных исследований в области радиационной экологии и безопасности. Результатом визита стало налаживание постоянных контактов между физиками БрГТУ и Высшей технической школы. Так, при написании в 1992 году дипломной работы студенткой Высшей технической школы Равенсбург-Вайнгартен Сабиной Саммет на тему «Математические модели миграции радионуклидов в биологических системах» руководство осуществляли со стороны БрГТУ доцент Н. И. Чопчиц, который предложил проверку определенных теоретических моделей [1], и доктор Р. Краглер – со стороны Высшей технической школы. Результаты дипломного проекта были доложены в рамках работы международного семинара [2].

В связи с катастрофой на Чернобыльской АЭС, произошедшей в 1986 году, радионуклидные загрязнения распространились не только по территории Республики Беларусь, но и наблюдаются во многих странах Западной Европы. Для исследования влияния радионуклидов на экосистемы в юго-западной части Германии (земля Баден-Вюртемберг) в Высшей технической школе Равенсбург-Вайнгартен под руководством ее ректора профессора Г. Цибольда была создана лаборатория измерения радиоизлучений. В данной лаборатории в 1993 году проходила трехмесячную стажировку доцент Т. Л. Кушнер. Целью стажировки являлось изучение распределения радионуклидов в лесных почвенных и растительных экосистемах. По окончании стажировки были опубликованы результаты совместных исследований [3-4], которые далее были внедрены в учебный процесс в курсе «Радиационная безопасность» для студентов всех специальностей БрГТУ [5].

Особо хотелось бы отметить роль профессора Р. Краглера в продвижении IT-технологий в нашем университете. При его поддержке БрГТУ первым в Республике Беларусь получил лицензию от компании Wolfram Research на использование системы компьютерной алгебры «Mathematica». Предоставленный пакет программ позволяет проводить расчеты, компьютерное моделирование в научных исследованиях, использовать в учебном процессе для студентов технических специальностей. На протяжении многих лет Р. Краглер посещал БрГТУ для чтения лекций студентам и сотрудникам университета. «Идейным

вдохновителем» использования пакета программ «Mathematica» на кафедре физики был профессор А. Н. Прокопеня, который в 2006 году защитил докторскую диссертацию в г. Москве на тему: «Методы обработки символьной информации и математическое моделирование в исследованиях теоретических моделей космической динамики», читает лекции во многих университетах, имеет большое количество публикаций в области математического моделирования [6]. Систему компьютерной алгебры «Mathematica» освоили и применяют в различных направлениях своей деятельности сотрудники кафедры: Н. П. Тарасюк, О. Ф. Савчук, С. В. Чугунов, Л. П. Щербаченко.

Важным для кафедры физики БрГТУ является сотрудничество с Государственным научным учреждением «Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Республики Беларусь». Целая плеяда кандидатов физико-математических наук проводила свои измерения как в академических лабораториях, так и в исследовательской лаборатории кафедры физики. Аспирантуру Института физики им. Б. И. Степанова НАН Республики Беларусь окончили и защитили диссертации на соискание степени кандидата физико-математических наук А. А. Гладышук, Е. В. Луценко, Ю. П. Ракович, К. И. Русаков; получили диплом исследователя Н. П. Тарасюк, С. В. Чугунов.

На протяжении многих лет сотрудники кафедры являются исполнителями научно-исследовательских работ, включенных в государственные исследовательские программы и финансируемых из государственного бюджета. Перечислим некоторые в порядке хронологии:

Руководитель проектов – канд. физ.-мат. наук, доцент, профессор А. А. Гладышук:

ГБ 89/01 «Создание элементов нелинейной оптики и оптоэлектроники и изучение их рабочих характеристик» в рамках ГНТП «Оптика 2.21»;

ГБ 92/201 «Разработка, создание и исследование полупроводниковых лазеров, процессов взаимодействия лазерного излучения и электрических полей с полупроводниковыми кристаллами, создание новых устройств полупроводниковой оптоэлектроники» в рамках ГНТП «Лазер 3.03»;

ГБ 96/611 «Полупроводниковые лазерные и люминесцентные излучатели в видимой области спектра в структурах на основе соединений  $A^2B^6$ » в рамках ГНТП «Квант-01».

ГБ 16/210 «Оптимизация дизайна  $AlInGaN$  гетероструктур для лазеров, светодиодов, НЕМТ-транзисторов и фотоприемников» в рамках ГПНИ «Фотоника, опто- и микроэлектроника».

Руководитель проектов – канд. физ.-мат. наук, доцент Ю. П. Ракович:

ГБ 01/225 «Нелинейные оптические свойства и фотопроводимость гибридных композитов на основе неорганических полупроводниковых нанокристаллов и органических соединений», в рамках Республиканской межвузовской программы «Наноэлектроника»;

ГБ 06/603 «Разработка интегрированных микросистем и устройств переключения на основе оптической связи с использованием нанокompозитных материалов» в рамках Комплексного научно-технического проекта Министерства образования Республики Беларусь.

Руководитель проектов – канд. физ.-мат. наук, доцент К. И. Русаков:

ГБ 06/621 «Новые самоорганизованные кристаллические и молекулярные структуры для разработки высокочувствительных методов анализа состава вещества и высокоэффективных источников оптического излучения» в рамках ГКПНИ «Кристаллические и молекулярные структуры»;

ГБ 09/904 «Разработка технологии интегрированных наноэлектронных элементов и устройств переключения на основе связанных микрорезонаторов и фотонных нанореактивных структур» в рамках Комплексного научно-технического проекта Министерства образования Республики Беларусь;

ГБ 11/105 «Разработка технологии управления новыми оптическими компонентами на базе микрорезонаторных систем» в рамках ГПНИ «Электроника и фотоника».

Руководитель проектов – старший преподаватель Н. П. Тарасюк:

ГБ 11/92 «Моделирование условий генерации и оптимизация дизайна гетероструктур на основе ZnMgCdSSe» в рамках НТП Союзного государства «Перспективные полупроводниковые гетероструктуры и приборы на их основе»;

ГБ 14/207 «Разработка технологии управления оптическим сигналом в новых волноводных структурах из оптически связанных микрорезонаторов с фотонными нанопучками» в рамках ГПНИ «Электроника и фотоника».

Сотрудники кафедры физики принимали участие в международных исследовательских программах:

INTAS 97-09995 «Механизмы рекомбинации и компенсации в слоях и структурах на основе GaN» (руководитель – доктор физ.-мат. наук Г. П. Яблонский, Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Республики Беларусь).

INTAS 03-51-6314 «Optical and structural analysis of single crystals and thin films of  $\text{CuIn}_3\text{Se}_5$ ,  $\text{CuGa}_3\text{Se}_5$ ,  $\text{CuIn}_4\text{Se}_6$ ,  $\text{CuIn}_5\text{Se}_8$ ,  $\text{CuGa}_5\text{Se}_8$  for photovoltaic applications» (руководитель – доктор хим. наук И. В. Боднар, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники) [7-8].

РФФИ №10-01-00200 «Моделирование квантовых вычислений».

Руководителями научно-исследовательских работ, выполняемых на кафедре за счет второй половины рабочего дня, являются: канд. физ.-мат. наук, доцент Н. Н. Ворсин, канд. физ.-мат. наук, доцент В. И. Гладковский.

В подготовке кадров высшей квалификации кафедра физики сотрудничает не только с Национальной академией наук, но и с учреждениями образования Республики Беларусь. Старшие преподаватели В. В. Борушко, Л. П. Щербаченко, ассистент О. Ф. Савчук обучались в магистратуре учреждения образования «Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина». Окончила аспирантуру и получила диплом исследователя в учреждении образования «Белорусский государственный университет» Л. П. Щербаченко.

Традиционно преподаватели кафедры осуществляют руководство научно-исследовательской работой студентов. Практически ежегодно на Республиканском конкурсе студенческих научных работ представляются работы, выполненные на кафедре физики, и, как правило, им присваивается определенная категория. Студенты являются соавторами публикаций в научных журналах [9].

Хотелось бы особо отметить роль преподавателей в руководстве научными исследованиями учащихся государственных учреждений образования. Так в 2012 году учащийся 11 класса ГУО «Лицей № 1 им. А. С. Пушкина г. Бреста» Роман Чаевич выполнил исследовательскую работу на тему «Определение ко-

эффицента трения качения по затуханию колебаний» под руководством старшего преподавателя кафедры физики Янусик И. С. Работа выполнялась на очень простой установке, автором конструкции которой, теории и методики измерений был Н.И. Чопчиц. Результаты своих исследований Р. Чаевич доложил на открытой Московской инженерной конференции школьников «Потенциал-XXI», где получил Диплом I степени (Лицей № 1502 при МЭИ, г. Москва).

Ученик 10 класса учреждения образования «Гимназия № 4 г. Бреста» Андрей Чугунов представил в 2017 году на Международном конкурсе исследовательских работ учащихся школ «От школьного проекта к профессиональной карьере» работу на тему «Моделирование распределения электромагнитного поля в диэлектрических микроструктурах», которую он выполнил под руководством старшего преподавателя кафедры физики С. В. Чугунова. Работа была отмечена дипломом I степени.

Научные исследования в разные годы преподаватели кафедры вели также в сотрудничестве с лабораториями Рейнско-Вестфальского технического университета (г. Аахен, Германия), Льежского университета (г. Льеж, Бельгия), Института физики (г. Париж, Франция), Центра физики материалов (г. Сан Себастьян, Испания), Университета де Миньо (г. Брага, Португалия), Университета прикладных наук (г. Равенсбург, Германия), Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна, Россия) и др.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чопчиц, Н. И. Полуфеноменологические модели миграции радионуклидов в биологических системах, основанные на дифференциальных уравнениях второго порядка / Н. И. Чопчиц, Т. Л. Зыкова // Наука и мир : тезисы докладов XX науч.-техн. конф., Брест, 2–3 октября 1992 г.: в 2 ч. / БПИ. – Брест: БПИ, 1992. – Ч. 2. – С. 19–21.
2. Саммет, С. Верификация математических моделей транспорта радионуклидов в биологических системах / С. Саммет // Открытые системы – избранные вопросы теории и эксперимента : тезисы докладов Международного семинара, Брест, 20–24 января 1992 г. / Брестский политехнический институт. – Брест: БПИ, 1992. – С. 61–65.
3. Bürmann, W. Migration of cesium radionuclides in the soil of spruce forest / W. Bürmann, J. Drissner, R. Miller, R. Heider, T. Kuschner // The Fourth Int. Conf. on the Chemistry and migration Behaviour of the Actinides and Fission Product in the Geosphere, Charleston, 12–17 December 1993. – Charleston, 1993. – P. 122–129.
4. Bürmann, W. Migration of  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  Radionuclides in the Soil and Uptake by Plants in German Spruce Forests / W. Bürmann, J. Drissner, R. Miller, G. Lindner, R. Heider, T. Kuschner // Radiochimica Acta. – 1994. – № 66–67. – München : Oldenburg Verlag, 1994. – P. 405–412.
5. Кушнер, Т. Л. Предмет «Радиационная безопасность» в образовательном процессе / Т. Л. Кушнер, И. С. Янусик, В. Я. Хуснутдинова, М. И. Швец // Новые образовательные технологии в экологической подготовке студентов : материалы обл. науч.-метод. конф., Брест, 3–4 июня 2005 г. / Брестский государственный технический университет. – Брест: БрГТУ, 2005. – С. 53–56.
6. Budzko, D. A. On the stability of equilibrium positions in the circular restricted four-body problem / D. A. Budzko, A. N. Prokopenya // Lecture Notes in Computer Science. – Berlin, Heidelberg, 2011. – Vol. 6885 : Computer Algebra in Scientific Computing, 2011. – P. 88–100.
7. Orlova, N. S. Preparation, structure and thermal properties of  $\text{CuGa}_5\text{Se}_8$  / N. S. Orlova, I. V. Bodnar, T. L. Kushner // Crystal Res. Technology. – 2003. – Vol. 38, № 2. – P. 125–132.
8. Orlova, N. S. Preparation, structure and thermal Expansion of  $\text{CuIn}_3\text{Se}_5$  / N. S. Orlova, I. V. Bodnar, T. L. Kushner // Inorganic Materials. – 2003. – Vol. 38, Issue 1. – P. 3–7.
9. Чопчиц, Н. И. Уравнение движения двумерной модели робота с максимальным управлением / Н. И. Чопчиц, И. Н. Чопчиц, Г. С. Кандилян // Вестник БрГТУ. – 2005. – № 5. – С. 16–18.

УДК 371.388.6

## **АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ**

**В. В. Борушко, В. И. Гладковский**

*г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»*

Актуальность работы обусловлена важностью проблемы повышения эффективности учебной деятельности студентов вузов. Важнейшим компонентом профессионально-методической подготовки инженера выступает практическая и экспериментальная подготовка студента. Это связано с тем, что мир, в котором мы живем, постоянно меняется: возрастают требования к современному образовательному процессу, изменяются условия социальной жизни. Существующие социально-экономические условия выдвигают качественно новые требования к формированию личности будущего инженера. Поэтому важное значение приобретает активизация познавательной деятельности студентов. Преподаватель должен уметь создавать условия для развития творческих способностей, развивать стремление к творческому восприятию знаний, повышать мотивацию к изучению предметов, учить студентов самостоятельно мыслить и формулировать вопросы для себя в процессе изучения материала, поощрять их индивидуальные склонности и дарования.

Это необходимо для решения проблемы востребованности будущего специалиста, вопроса эффективности полученных знаний, мобильности его профессиональной квалификации в условиях современного времени. В настоящее время основная деятельность преподавателя заключается ещё и в умелой организации самостоятельной познавательной деятельности обучающегося, формировании творческого мышления, развитии его потенциала.

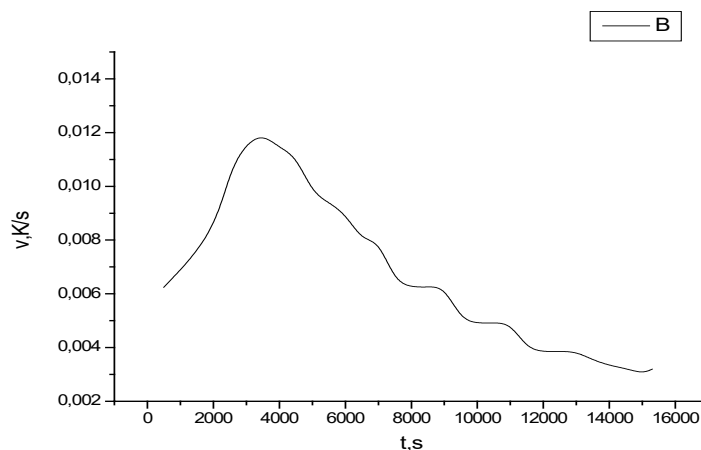
Важным этапом такого развития является привлечение студента к исследовательской деятельности, участие в студенческих конференциях и республиканских конкурсах научных работ. Как пример, рассмотрим исследовательскую работу студента третьего курса Дегтярика Ильи.

Целью работы была попытка проверить одно из объяснений «эффекта Мпембы» [1], который описывает феномен того, что горячая вода, поставленная в морозильную камеру, замерзает быстрее, чем теплая вода при тех же условиях.

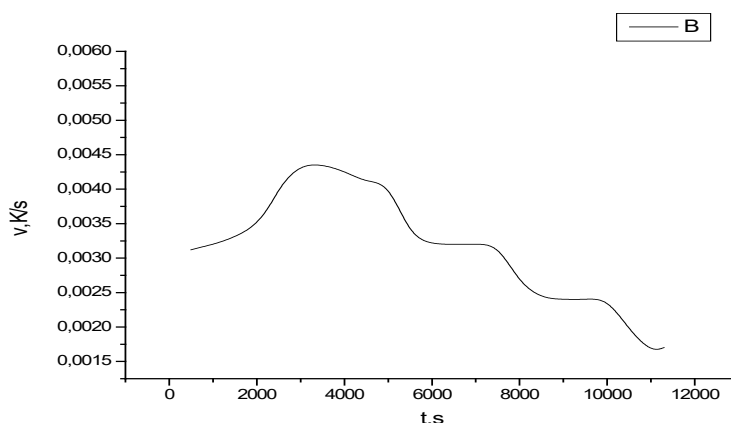
В процессе исследования студент познакомился со средой моделирования COMSOL Multiphysics 5.4, предназначенной для решения научных и технических проблем, основанных на дифференциальных уравнениях в частных производных. В этой среде была построена модель ёмкости с водой, находящейся в морозильной камере [2].

Результатом работы модели стало определение времени остывания воды от температуры 308 К до температуры 277 К и от температуры 373 К до температуры 277 К. Время остывания воды в первом случае составило 11300 секунд, а во втором – 15300 секунд [3].

На основании проведённого моделирования был сделан вывод, что проверяемая гипотеза не подтвердилась, так как время остывания горячей воды больше времени остывания холодной. Однако скорость остывания горячей воды выше скорости остывания холодной, что подтверждается графиками зависимости, приведёнными ниже (рисунки 1 и 2).



*Рисунок 1 – Зависимость скорости от времени при остывании горячей воды*



*Рисунок 2 – Зависимость скорости от времени при остывании холодной воды*

При выполнении работы И. А. Дегтярик. показал умение анализировать и применять на практике знания, полученные при изучении учебных дисциплин в рамках учебной программы не только по курсу «Физика», но и по ряду дисциплин по программированию. При создании модели студент показал умения и навыки, выходящие за рамки учебной программы по дисциплине «Физика» в университете.

Разработанная модель может применяться в учебном процессе для повышения интереса студентов к изучению физики, а также для стимулирования дальнейших исследований в этом направлении. Основные из них – инициативность, ответственность, адаптивность к изменяющимся условиям, способность и готовность к инновационной внедренческой деятельности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mrema, E. B. Cool? / E. B. Mrema, D. G. Osborne // Physics Education. – Institute of Physics, 1969. – Т. 4, № 3. – С. 172–175.
2. Ткачук, С. В. Моделирование процесса замерзания воды с помощью среды моделирования COMSOL MULTIPHYSICS / С. В. Ткачук, В. В. Борушко, В. И. Гладковский // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях : сборник тезисов докладов XX Республиканской научной конференции студентов и аспирантов / ГГУ им. Франциска Скорины. – Гомель, 2017. – Ч. 1. – С. 94–95.
3. Дегтярик, И. А. Моделирование «эффекта Мпембы» / И. А. Дегтярик, В. В. Борушко, В. И. Гладковский // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ; редкол. Н.Н. Шалобыта [и др.]. – Брест, 2019. – Ч.1. – С. 69–71.

УДК 541.15

## МЕТОДИКА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ СО-ПОКРЫТИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ

**В. П. Евстигнеева, Н. Г. Валько**

*г. Гродно, УО «Гродненский государственный университет  
имени Янки Купалы»*

Магнитные сплавы на основе Со, сформированные методом электролитического осаждения, широко используются в авиационной, автомобильной, приборостроительной и электронной промышленности. Поэтому актуальной задачей является разработка новых методик электроосаждения магнитных сплавов на основе Со с целью получения слоев с требуемыми эксплуатационными свойствами.

В работе представлена методика электроосаждения Со-покрытий из сульфатных электролитов при воздействии УФ-излучения, позволяющей увеличивать плотность Со-покрытий при интенсификации массового прироста вследствие радиационно-химических реакций, протекающих в облучаемых электролитах. Согласно [1–2] метод электроосаждения покрытий при воздействии излучения на электролит позволяет модифицировать структуру и свойства получаемых покрытий, вследствие радиационно-химических реакций, протекающих в облучаемых электролитах.

Методика электроосаждения Со-покрытий при воздействии УФ-излучения заключается в разработке режимов облучения УФ-излучением с целью увеличения плотности Со-покрытий на 35 % при возрастании за 1 ч массового прироста на 22 %. В таблице 1 представлен состав используемого сульфатного электролита.

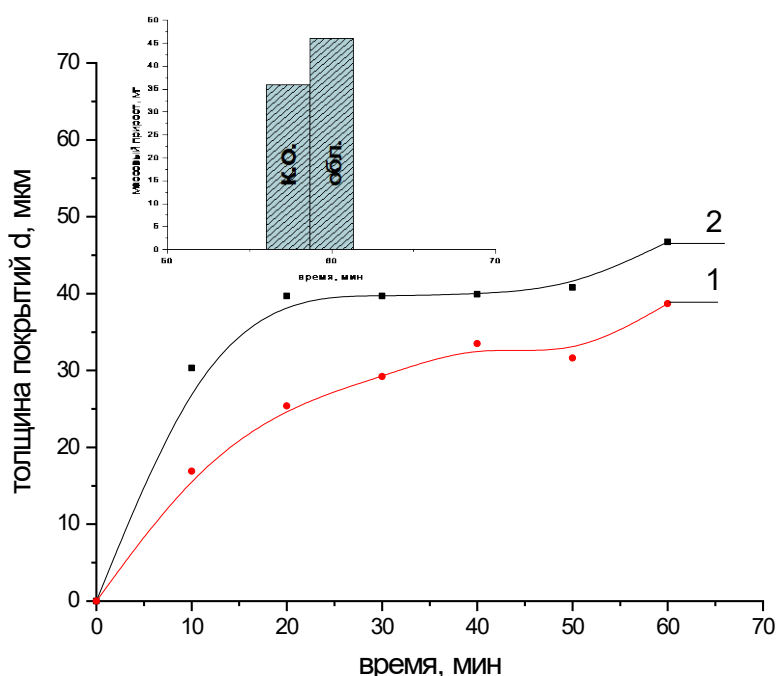
Таблица 1 – Состав электролита для осаждения Со-покрытий

Компоненты электролита	Масса, г/л
Сернокислый кобальт, $\text{CoSO}_4$	200
Борная кислота, $\text{H}_3\text{BO}_3$	21,25
Хлористый натрий, $\text{NaCl}$	8,75



Формирование покрытий происходит в поле УФ-излучения. Источником излучения служит эксимерная лампа на основе газовой смеси криптон-бром (KrBr), излучающая ультрафиолетовое излучение с длиной волны 207 нм. Термостатируемая при температуре 24 °С кювета для осаждения Со-покрытий располагается на расстоянии 15 см таким образом, чтобы плотность мощности излучения была не менее 5 мВт/см<sup>2</sup>. Плотность тока электроосаждения равна 1 А/дм<sup>2</sup>.

На рисунке 1 приведены зависимости толщины Со-покрытий от времени осаждения, а также их массовый прирост в единицу времени. Видно, что толщина покрытий, электроосаждаемых Со-покрытий в поле УФ-излучения уменьшается, а массовый прирост в единицу времени увеличивается. Полученные факты свидетельствуют об увеличении плотности покрытий, сформированных в поле УФ-излучения. Так, плотность покрытий, осаждаемых в течение 1 ч в поле, равна 5,28 г/см<sup>3</sup>, у контрольных 3,43 г/см<sup>3</sup>.



1 – облученные образцы, 2 – контрольные образцы

**Рисунок 1 – Зависимости толщины Со-покрытий от времени осаждения**

Практическая значимость предлагаемой методики заключается в ее применении при разработке новых технологических основ радиационного модифицирования магнитных материалов, с целью повышения их эксплуатационных характеристик.

Следует отметить, что использование разработки в учебном процессе позволяет повысить эффективность обучения студентов физико-технического факультета и качество подготовки специальностей 1-31 04 01-02 (Физика, производственная деятельность), 1-31 04 01-03 «Физика (научно-педагогическая деятельность)», 1-38 02-01 (Информационно-измерительная техника) за счет использования современных методов научного эксперимента.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Valko, N. Forming a structure of the CoNiFe alloys by X-ray irradiation / N. Valko, A. Kasperovich, T. N. Koltunowicz // Functional Materials Letters. – 2018. – Т. 11, № 2. – 1850044 (4 pages).
2. Valko, N. Electrodeposition of CoNiFe coatings in the presence of the X-rays / N. Valko, A. Kasperovich // Proceedings of international conference. Nanomaterials: Applications and properties. Nap. – 2016. – Vol. 5, № 1. – 01NTF15 (3pp).

УДК 535:621.373.8

## ФАКТОР ОПТИЧЕСКОГО ОГРАНИЧЕНИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР С КВАНТОВЫМИ ЯМАМИ InGaN

Н. П. Тарасюк

г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»

Применение гетероструктур InGaN/GaN являются перспективно для создания оптоэлектронных устройств, работающих в ультрафиолетовой-сине-зеленой области спектра.

В данной работе проводится оптимизация по фактору оптического ограничения толщин волноводных слоев различных дизайнов гетероструктур с активной областью, содержащей пять и десять квантовых ям InGaN.

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 [1–3]. Напряженность электрического поля в  $j$ -м слое структуры представляется в виде:

$$\varepsilon_y(x, z, t) = \varepsilon_{y,j}(x) \exp[i(\omega t - \beta z)]. \quad (1)$$

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  $\beta$  – проекция волнового вектора  $k_0$  на плоскость гетероструктуры,  
 $\tilde{n}_j$  – комплексный показатель преломления  $j$ -го слоя.

Для нахождения  $\beta$  использовался алгоритм скоростного спуска [1].  
Фактор оптического ограничения вычислялся по формуле [4]:

$$\Gamma = \frac{\sum_{i=1}^N \int_{x_{ai}}^{x_{bi}} E_y^2(x) dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} E_y^2(x) dx} \quad (3)$$

где интегрирование в числителе происходит по координатам квантовых ям InGaN.

Для расчетов были выбраны 4 дизайна гетероструктур с активной областью из 5 и 10 квантовых ям InGaN. В гетероструктурах дизайна 1 в качестве обкладочных слоев выбирались воздух и  $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$  и изменялась толщина волноводных слоев GaN. В гетероструктурах дизайна 2 в качестве обкладочных слоев выбирались GaN и GaN и изменялась толщина волноводных слоев  $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ . В гетероструктурах дизайна 3 в качестве обкладочных слоев выбирались  $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$  и  $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$  и изменялась толщина волноводных слоев GaN. В гетероструктурах дизайна 4 состав аналогичен предыдущей, только волновод формировался из слоев GaN и  $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ . За счет такого волновода улучшается транспорт неравновесных носителей заряда в активную область. При этом толщина слоя  $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$  фиксировалась, а изменялась толщина GaN. Значения показателей преломления, соответствующие значениям ширины запрещенной зоны компонентного состава тройных соединений AlGaN, были взяты из работы [5], значения показателя преломления  $\text{Al}_2\text{O}_3$  из [6]. Дизайны данных гетероструктур представлены на рисунках 1–4. Аналогичные дизайны выбирались для гетероструктур с 10 квантовыми ямами InGaN.

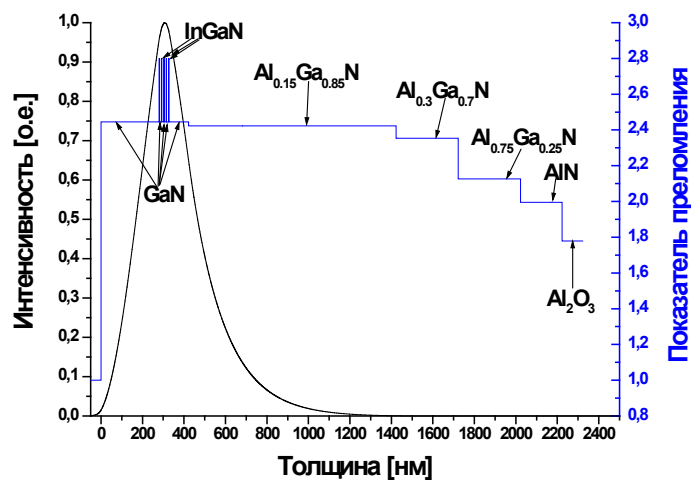


Рисунок 1 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям дизайна 1

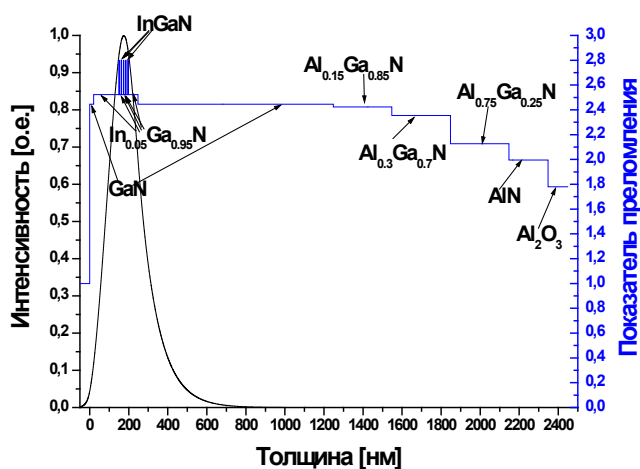


Рисунок 2 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям дизайна 2

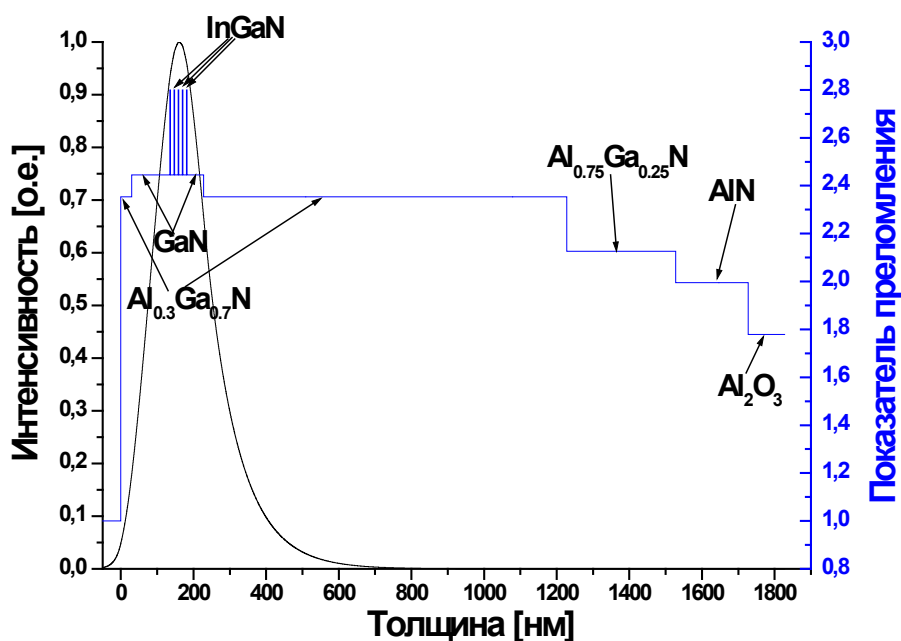


Рисунок 3 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям дизайна 3

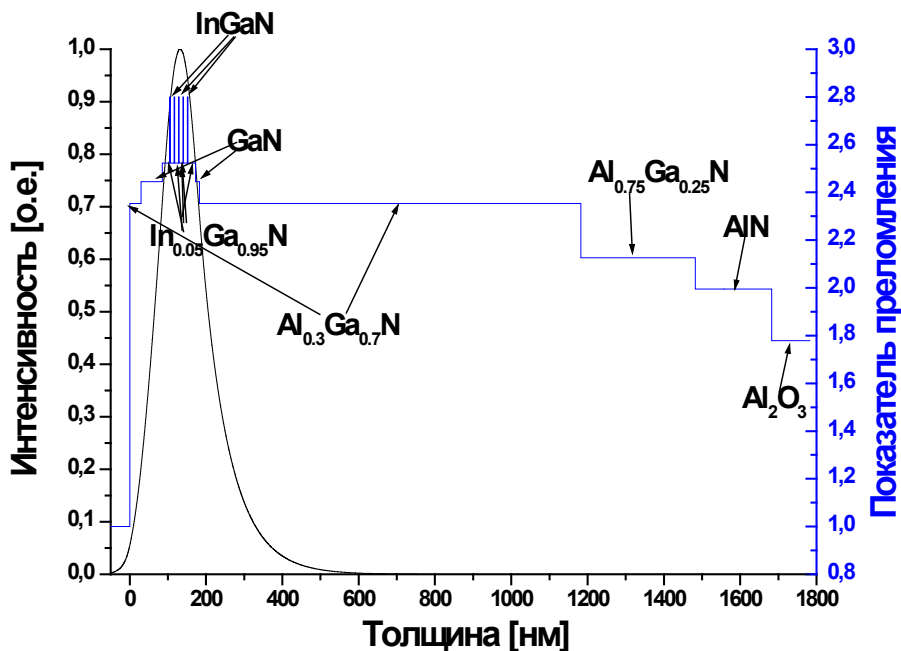


Рисунок 4 – Профили показателя преломления и интенсивности моды нулевого порядка гетероструктуры, содержащей 5 квантовых ям дизайна 4

Для данных структур рассчитывался фактор оптического ограничения в зависимости от длины волны и толщин волноводных слоев. Результаты расчетов приведены на рисунке 5 и в таблицах 1 и 2.

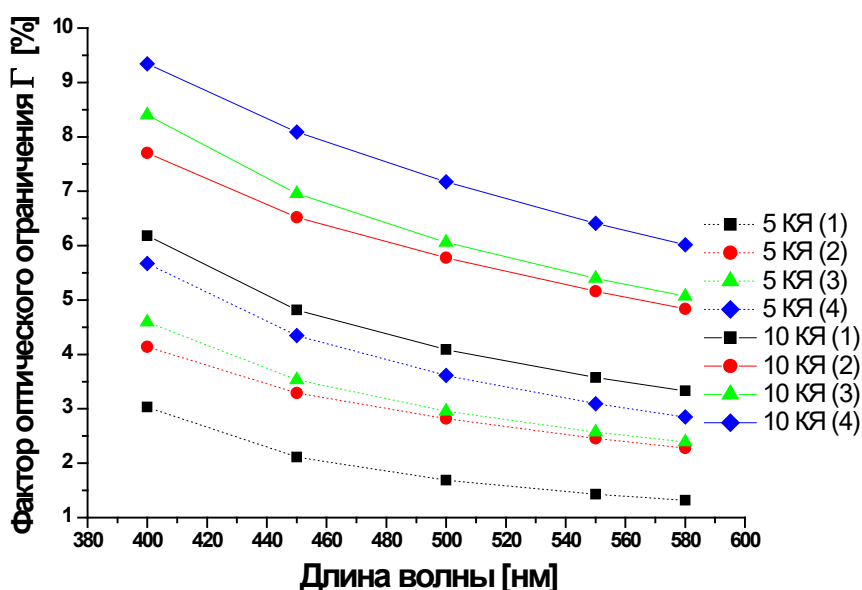


Рисунок 5 – Зависимость фактора оптического ограничения от длины волны гетероструктур с активной областью из 5 и 10 квантовых ям

Таблица 1 – Зависимость толщины верхнего (а) и нижнего (b) волноводных слоев гетероструктур различных дизайнов с активной областью из 5 квантовых ям от длины волны

$\lambda$ , нм	1		2		3		4	
	a, нм	b, нм	a, нм	b, нм	a, нм	b, нм	a, нм	b, нм
400	170	55	85	35	65	30	20	5
450	280	95	130	50	105	45	55	10
500	375	115	160	60	140	60	90	25
550	450	125	195	75	175	70	120	35
580	490	120	215	85	190	80	135	45

Таблица 2 – Зависимость толщины верхнего (а) и нижнего (b) волноводных слоев гетероструктур различных дизайнов с активной областью из 10 квантовых ям от длины волны

$\lambda$ , нм	1		2		3		4	
	a, нм	b, нм	a, нм	b, нм	a, нм	b, нм	a, нм	b, нм
400	125	25	60	5	35	5	5	5
450	205	50	90	20	70	15	20	5
500	270	70	115	30	95	25	40	5
550	325	80	145	40	125	35	65	5
580	360	85	160	50	140	40	80	5

Из рисунка 5 и таблиц 1 и 2 видно, что максимальное значение фактора оптического ограничения соответствует гетероструктуре дизайна 4 и в 1,9–2,3 раз больше в случае 5 квантовых ям и в 1,5–1,8 раз больше в случае 10 квантовых ям, чем минимальное – у гетероструктуры дизайна 1. Максимальное значение фактора оптического ограничения при изменении длины волны от 400 до 580 нм для случаев пяти и десяти квантовых ям соответственно изменяется от

5,67 % до 2,85 % и от 9,34 % до 6,01 %. При этом толщина верхнего волноводного слоя для пяти и десяти квантовых ям соответственно изменяются от 20 до 135 нм и от 5 до 80 нм, а нижнего – от 5 до 45 нм и от 5 нм до 55 нм. Длина диффузии неравновесных носителей заряда в слоях на основе AlGaIn примерно равна 100 нм [7], что позволяет использовать данные гетероструктуры для лазеров с оптической накачкой.

Увеличение фактора оптического ограничения позволяет понизить порог генерации оптически накачиваемых лазеров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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, and H. C. Casey, Jr. // J. Appl. Phys. – 1998. – Vol. 84, Iss. 3. – P. 1196–1203.
2. Калиткин, Н. Н. Численные методы / Н. Н. Калиткин. – Москва : Наука, 1978. – 512 с.
3. Тарасюк, Н. П. Фактор оптического ограничения и пороговые условия генерации оптически накачиваемых полупроводниковых лазеров на квантоворазмерных структурах InGaIn/GaN, выращенных на кремниевых подложках / Н. П. Тарасюк, А. А. Гладыщук, Е. В. Луценко // Вестник БГТУ. – 2002. – № 5: Физика, математика, химия. – С. 8–13.
4. Адамс, М. Введение в теорию оптических волноводов / М. Адамс. – Москва : Мир, 1984. – 512 с.
5. Optical constants of epitaxial AlGaIn films and their temperature dependence. / D. Brunner [et al.] // J. Appl. Phys. – 1997. – Vol. 82, № 10. – P. 5090–5096.
6. Weber, M. J. Handbook of Optical Materials / M. J. Weber. Boca Raton, Flo. : CRC Press. – 2003. – 499 p.
7. Gonzalez, J. C. Minority-carrier diffusion length in a GaN-based light-emitting diode / J. C. Gonzalez, K. L. Bunker, P. E. Russell // Appl. Phys. Lett. – 2001. – Vol. 79, № 10. – P. 1567–1569.

УДК 37.018.4

### ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ ПЕДАГОГА В НЕПРЕРЫВНОМ ОБРАЗОВАНИИ

**С. В. ЧУГУНОВ<sup>1</sup>, Э. В. ЧУГУНОВА<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет»

<sup>2</sup> г. Брест, государственное учреждение образования  
«Гимназия № 4 г. Бреста»

Научно-технический прогресс, быстрое внедрение науки во все сферы жизни и производства требуют вовлечения молодых людей в научно-исследовательскую деятельность уже в условиях школьного образования. Выпускник современной школы должен иметь не только широкий теоретический кругозор, но и опыт творческого подхода к решению различного рода задач. Школа является основным местом проявления и реализации творческих способностей детей. Учитель современной школы одной из основных задач в организации учебно-воспитательного процесса считает необходимым стимулировать не только учебно-познавательную деятельность, но и развивать исследовательские начала в любой деятельности

ученика. Педагогическое мастерство учителя часто определяется его умением мотивировать учащихся на поиск нового, стимулировать и развивать исследовательские качества ребенка. Вовлечение учащихся в исследовательскую работу является обязательным требованием в работе учителя.

Знания и умения, необходимые для организации исследовательской деятельности, в будущем станут основой для организации научно-исследовательской деятельности учащихся в вузах, колледжах, техникумах и т. д. Элементы исследовательской деятельности учащихся присутствуют абсолютно на всех уроках по всем предметам.

Уроки физики обладают большим потенциалом для организации исследовательской деятельности.

Организация исследовательской деятельности требует особой подготовки учителя. Учитель должен глубоко владеть научным знанием по исследуемой теме, методологией научного исследования и умением организовать поисковую деятельность ученика. Все это требует непрерывного повышения собственного образовательного уровня.

При организации исследовательской деятельности учащихся по физике в школе возможно использование различных современных образовательных технологий, методов и приемов. В последние годы в процессе обучения в школах широко используется компьютерное мультимедийное оборудование, интерактивные доски. Благодаря этому учитель может продемонстрировать сложные физические опыты, демонстрации, схемы, графики, модели и т. д. Компьютерные технологии постоянно совершенствуются, появляются новые способы их применения. Благодаря сотрудничеству с кафедрой физики БрГТУ учащиеся ГУО «Гимназия № 4 г. Бреста» занимались компьютерным моделированием нанопучков и работали с серьезным программным продуктом «COMSOL MULTIPHYSICS». Это один из современных программных продуктов, который позволяет осуществлять моделирование разнообразных физических процессов и решать широкий спектр физических задач высокого уровня, начиная от задач по теплопроводности и заканчивая распределением электромагнитного излучения в различных средах.

После знакомства учащихся с данным программным продуктом возникла идея подготовки научно-исследовательской работы по теме «Моделирование распределения электромагнитного поля в диэлектрических микроструктурах». Мы применили программу «COMSOL MULTIPHYSICS» для моделирования узконаправленного фотонного пучка в диэлектрических оптически прозрачных микроструктурах цилиндрической и сферической форм.

При моделировании учащиеся использовали навыки работы в графическом редакторе Paint, создали граничную область, создали двухмерную модель микрорезонатора, задали параметры системы: показатель преломления среды (в которой находится микрорезонатор), показатель преломления самого микрорезонатора и его размеры, задали длину падающей световой волны. После выполнения этих процедур произвели расчет. Стоит отметить, что все расчетные формулы, благодаря которым определяется интенсивность рассеянного света, уже встроены в программу. Важно, что, изменяя параметры системы (один или несколько), можно добиться требуемой конфигурации пучка. Т. е. можно изменить важные

характеристики пучка, такие как относительная интенсивность рассеянного света, расстояние от пучка до микрорезонатора, геометрия пучка (его форма и размеры).

В результате численного моделирования продемонстрировано, что распределение рассеянного микролинзами излучения существенно изменяется с изменением возбуждающей длины волны или относительного показателя преломления. Выявленные зависимости позволяют подобрать такие диаметры преломляющих цилиндров или сфер, при которых происходит усиление интенсивности центрального дифракционного максимума и уменьшение интенсивности других дифракционных максимумов, а также уменьшение ширины фотонного пучка.

Полученные конфигурации смоделированных пучков и их интенсивности хорошо согласуются с результатами реальных экспериментов, проводимых в физических лабораториях [1], что подтверждает эффективность наших расчетов.

Результаты моделирования могут найти применение в дальнейших фундаментальных исследованиях в области оптических микрорезонаторов, при разработке на их основе новых устройств оптоэлектроники, а также в прикладных исследованиях, направленных на поиск способов повышения плотности оптической записи, разработки интегрированных оптоэлектронных элементов для телекоммуникационных систем и создания новых оптических сенсоров, применяемых в медицине на клеточном уровне [2].

Исследовательская работа учащегося гимназии № 4 г. Бреста по теме «Моделирование распределения электромагнитного поля в диэлектрических микроструктурах» была оценена дипломами I степени на международном (г. Брест, 2016 г.) и II степени на областном конкурсе исследовательских работ учащихся (г. Береза, 2017 г.)

Научное руководство данным исследованием потребовало от учителя глубокого изучения теоретического материала, анализа научной литературы, знакомства с современными исследованиями, консультаций у ведущих специалистов университета по проблеме исследования, участия в научных конференциях по смежным тематикам, глубокого изучения программного продукта.

Организация научно-исследовательской деятельности заставляет учителя постоянно заниматься самообразованием. Учитель должен следить за современными тенденциями развития науки, постоянно совершенствовать научно-практический потенциал.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Itagi, A. V. Optics of photonic nanojets / A. V. Itagi, W.A. Challener // J. Opt. Soc. Am. A. – 2005. – Vol.22, № 12. – P. 2847–2858.
2. Ракович, Ю. П. Моделирование фотонного пучка в сферическом микрорезонаторе / Ю. П. Ракович [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 82–85.



## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

<i>Банний В. А.</i>	11	<i>Леванчук И. В.</i>	67
<i>Барковская М. М.</i>	73	<i>Лукашевич С. А.</i>	24, 27
<i>Борушко В. В.</i>	78	<i>Маркевич К. М.</i>	29
<i>Валько Н. Г.</i>	80	<i>Невмержицкая А. С.</i>	45
<i>Ворсин Н. Н.</i>	54, 73	<i>Петрова Е. С.</i>	69
<i>Гаврилова И. Л.</i>	14, 60	<i>Плетюхов В. А.</i>	31, 33
<i>Гладковский В. И.</i>	18, 73, 78	<i>Пинчук А. И.</i>	16
<i>Гладышук А. А.</i>	8, 73	<i>Равуцкая Ж. И.</i>	36
<i>Григорович М. Н.</i>	60	<i>Редькин В. П.</i>	36
<i>Григорьев А. А.</i>	19	<i>Родин С. В.</i>	39
<i>Гузовец А. А.</i>	24, 27	<i>Савилова Ю. И.</i>	39
<i>Демидчик А. В.</i>	62	<i>Секержицкий В. С.</i>	40, 43
<i>Евстигнеева В. П.</i>	80	<i>Серый А. И.</i>	31, 33
<i>Казущик А. Л.</i>	69	<i>Тарасюк Н. П.</i>	73, 82
<i>Кац П. Б.</i>	65	<i>Тюменков Г. Ю.</i>	45
<i>Куликович Д. Б.</i>	69	<i>Щербаченко Л. П.</i>	73
<i>Купо А. Н.</i>	24	<i>Чугунов С. В.</i>	48, 73, 86
<i>Куриленко В. Р.</i>	27	<i>Чугунова Э. В.</i>	48, 86
<i>Кушнер Т. Л.</i>	21, 73	<i>Янусик И. С.</i>	50
<i>Кушнеров К. И.</i>	11		

Научное издание

# ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В ВУЗЕ

**Сборник материалов  
Республиканской научно-методической конференции,  
посвященной 70-летию со дня рождения Н. И. Чопчица**

**Беларусь, г. Брест  
31 октября – 1 ноября 2019 года**

Ответственный за выпуск: Гладыщук А.А.  
Редактор: Боровикова Е.А.  
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.  
Корректор: Никитчик Е.В.

ISBN 978-985-493-485-3



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 07.02.2020 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 5,24. Уч. изд. л. 5,63. Заказ № 1672. Тираж 40 экз.

Отпечатано на ризографе Учреждения  
образования «Брестский государственный  
технический университет».

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.



