

РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ МНОГОУРОВНЕВЫХ КУРСОВ ФИЗИКИ НА КАФЕДРЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ НИЯУ МИФИ В 2021-2025 ГОДАХ

Александрова Наталья Владимировна¹

кандидат технических наук, доцент, alexanava@rambler.ru

Иванова Наталья Анатольевна¹

кандидат физико-математических наук, доцент, NAIvanova@mephi.ru

Калашников Николай Павлович¹

доктор физико-математических наук, профессор, kalash@mephi.ru

Матрончик Алексей Юрьевич¹

кандидат физико-математических наук, доцент, matronchik2004@mail.ru

Облизина Светлана Васильевна¹

старший преподаватель, oblizina@mail.ru

Ольчак Андрей Станиславович¹

кандидат физико-математических наук, профессор, asolchak@mephi.ru

Самарченко Дмитрий Александрович¹

кандидат физико-математических наук, доцент, DASamarchenko@mephi.ru

Тихомиров Георгий Валентинович¹

доктор физико-математических наук, профессор, GVTikhomirov@mephi.ru

Тюлюсов Антон Николаевич^{1,2}

кандидат физико-математических наук, доцент, tyulyusov@itep.ru

Хангулян Елена Владимировна¹

старший преподаватель, EVKhangulyan@mephi.ru

Шилак Владимир Николаевич¹

старший преподаватель, Владимир Шилак, shilakvn@mail.ru

¹ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» 115409, Москва, Каширское шоссе, д. 31

² Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" 123182, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д.1

Аннотация

Обсуждаются результаты апробации проекта ИОТ (индивидуальные образовательные траектории) на кафедре общей физики НИЯУ МИФИ в 2021-2025 годах. Анализируются результаты входного контроля по физике и ЕГЭ по физике. Проведено сравнение результатов входного контроля и экзаменационных сессий в зависимости от уровня обучения для первых трех циклов обучения в динамических группах.

Ключевые слова

Индивидуальные образовательные траектории, общая физика, многоуровневые курсы физики, динамические группы, физическое образование, цикл обучения, входной контроль, экзаменационная сессия, студенческие олимпиады по физике.

**RESULTS OF TESTING MULTI-LEVEL PHYSICS COURSES AT THE
DEPARTMENT OF GENERAL PHYSICS OF NRNU MEPhI IN 2021-2025**

Alexandrova Natalia V.¹

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, alexanova@rambler.ru

Ivanova Natalia A.¹

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
NAIvanova@mephi.ru

Kalashnikov Nikolay P.¹

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, kalash@mephi.ru

Khangulyan Elena V.¹

senior lecturer, EVKhangulyan@mephi.ru

Matronchik Alexey Yu.¹

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
matronchik2004@mail.ru

Oblizina Svetlana V.¹

Senior Lecturer, oblizina@mail.ru

Olchak Andrey S.¹

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, asolchak@mephi.ru

Samarchenko Dmitry A.¹

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
DASamarchenko@mephi.ru

Shilak Vladimir N.¹

senior lecturer, shilakvn@mail.ru

Tikhomirov Georgy V.¹

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, GVTikhomirov@mephi.ru

Tyulyusov Anton N.^{1,2}

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
tyulyusov@itep.ru

¹ National Research Nuclear University MEPHI, 31, Kashirskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 115409

² National Research Center "Kurchatov Institute" 123182, Russian Federation, Moscow, Academician Kurchatov square 1.

Abstract

The results of testing the IET (individual educational trajectories) project at the Department of General Physics of NRNU MEPHI in 2021-2025 are discussed. The results of the entrance control in physics and the Unified State Exam in physics are analyzed. A comparison of the results of the entrance control and examination sessions depending on the level of training for the first three cycles of training in dynamic groups is carried out.

Keywords

Individual educational trajectories, general physics, multi-level physics courses, dynamic groups, physics education, training cycle, entrance control, examination session, student physics olympiads.

Начиная с 2020 года кафедра общей физики НИЯУ МИФИ разработала и апробировала в рамках проекта развития индивидуальных образовательных траекторий многоуровневые программы преподавания общей физики [1-4]. Кафедрой ведется

преподавание общей физики первые четыре семестра на трех уровнях обучения: углубленном, основном и базовом. В пятом семестре после выравнивания знаний и умений студентов обучение ведется на одном основном уровне.

Проект ИОТ на кафедре общей физики НИЯУ МИФИ включает в себя пять основных частей:

1. Входной контроль
2. Динамические группы
3. Структура УМКД
4. Переводы студентов
5. Результаты обучения

Начиная с сентября 2021 года проект ИОТ был реализован и продолжает расширяться четыре раза: 1 цикл в 2021-2023 учебных годах, 2 цикл в 2022-2024 учебных годах, 3 цикл в 2023-2025 учебных годах и 4 цикл начат в 2024 году.

В таб. 1 представлены средние баллы ЕГЭ по математике и физике, а также по входному контролю по физике студентов первого курса, участвующих в проекте ИОТ по 100-балльной системе.

Таблица 1

Средние баллы тестируемых студентов в 2021-2024 годах

Год	Средний балл ЕГЭ по математике	Средний балл ЕГЭ по физике	Средний балл входного контроля
2021	86	89	51
2022	85	87	48
2023	82	87	51
2024	90	89	48

О динамических группах, структуре УМКД и переводах студентов сообщалось в статье [4].

Наиболее наглядно результаты внедрения индивидуальных образовательных траекторий обучения можно проследить по результатам экзаменационных сессий по курсу общей физики для различных уровней обучения, а также по успешному участию в студенческих олимпиадах по физике регионального и федерального уровней. В пятисеместровом курсе общей физики – первые четыре семестра студенты изучают механику (1 семестр), молекулярную физику и статистическую термодинамику (2 семестр), электричество и магнетизм (3 семестр), волны и оптику (4 семестр) в трехуровневых группах: углубленных, основных и базовых. На рис. 1, 2 и 3 представлены результаты экзаменационных сессий для первых трех циклов обучения в динамических группах по 100-балльной системе. Для сравнения приводятся также результаты входного контроля. Студенты 1 и 2 циклов сдали 4 экзамена в динамических группах, студенты 3 цикла к началу 2025 года сдали 3 экзамена, а студенты 4 цикла успели сдать только 1 экзамен.

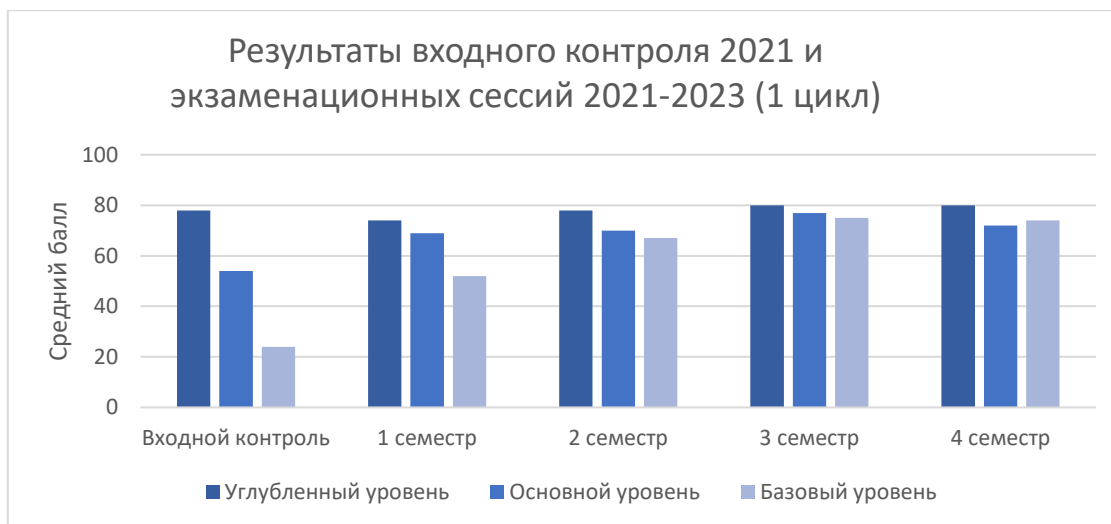


Рисунок 1 — Результаты студентов 1 цикла обучения в динамических группах

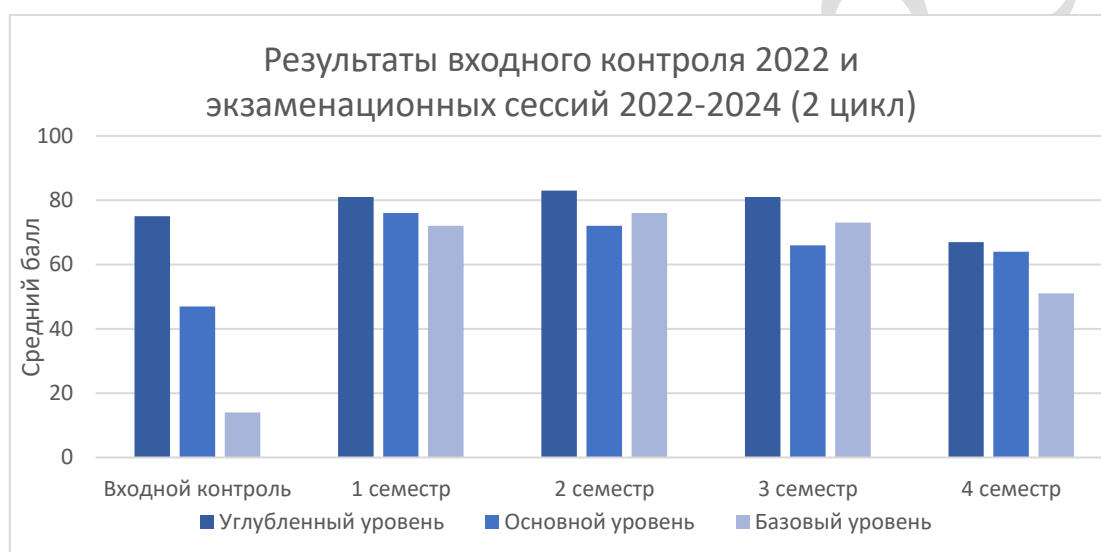


Рисунок 2 — Результаты студентов 2 цикла обучения в динамических группах

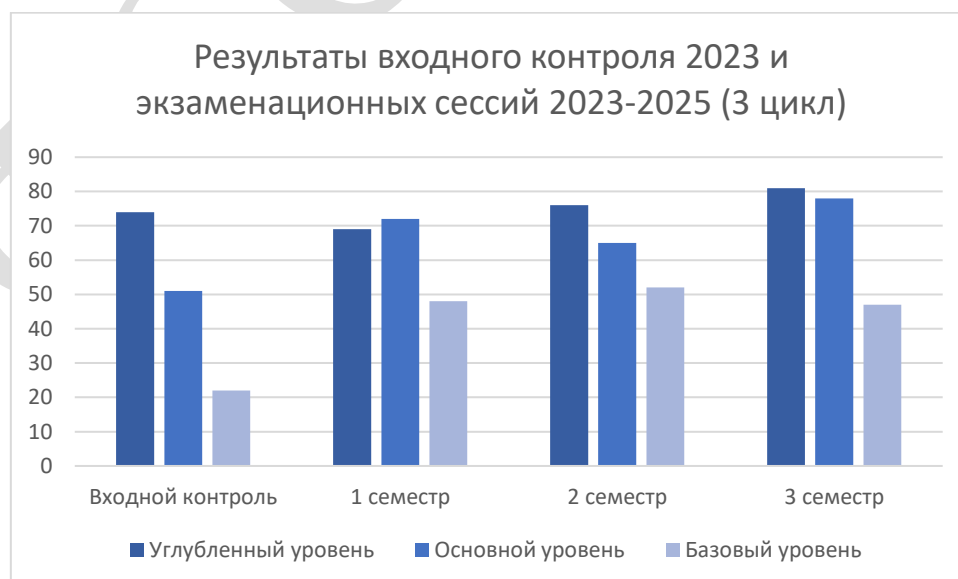


Рисунок 3 — Результаты студентов 3 цикла обучения в динамических группах

Результаты зимних и весенних экзаменационных сессий подтверждают адекватность технологии входного контроля для формирования уровневых групп и проведения лекционных и семинарских занятий. Если сравнивать результаты входного контроля и экзаменационных сессий, то отчетливо наблюдается выравнивание средних баллов (70-80 баллов) по курсу общей физики после первого и второго семестров в разных динамических группах. Студенты, обучающиеся на базовом уровне, повысили средний балл в первую сессию в 2 раза, а во вторую почти в 3 раза по сравнению с входным контролем. Некоторый спад у студентов 2 цикла в четвертом семестре связан с тем, что в летнюю сессию 2024 года в связи с эпидемией экзамен проводился дистанционно. Студенты основного уровня повысили за год средний балл на одну треть. Студенты углубленного уровня имеют стабильно высокий средний балл и успешно участвуют в студенческих олимпиадах по физике, проводимых ежегодно в стенах НИЯУ МИФИ, МФТИ и МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Список литературы

1. Барбашина Н. С., Калашников Н. П., Матрончик А. Ю., Ольчак А. С., Самарченко Д. А., Хангулян Е. В. Индивидуальные образовательные траектории в курсе общей физики НИЯУ МИФИ. Физическое образование в вузах. 2021 г. т.27, №3. С. 12-26.
2. Александрова Н. В., Иванова Н. А., Калашников Н. П., Матрончик А. Ю., Ольчак А. С., Самарченко Д. А., Тихомиров Г. В., Тюлюсов А. Н., Хангулян Е. В. Первые результаты внедрения индивидуальных образовательных траекторий в курсе общей физики НИЯУ МИФИ. Физическое образование в вузах. 2022 г. т.28, №3. С. 5-13.
3. Александрова Н. В., Иванова Н. А., Калашников Н. П., Матрончик А. Ю., Ольчак А. С., Самарченко Д. А., Тюлюсов А. Н., Хангулян Е. В. Использование технологии ИОТ в курсе общей физики НИЯУ МИФИ. Наука, техника, педагогика в высшей школе, 2023 г. С. 5-11.
4. Александрова Н. В., Иванова Н. А., Калашников Н. П., Матрончик А. Ю., Ольчак А. С., Самарченко Д. А., Тихомиров Г. В., Тюлюсов А. Н., Хангулян Е. В. Результаты реализации проекта ИОТ на кафедре общей физики НИЯУ МИФИ в 2021-2023 годах. Физическое образование в вузах. 2024 г. т.30, №3. С. 16-26.

References

1. Barbashina N. S., Kalashnikov N. P., Matronchik A. YU., Ol'chak A. S., Samarchenko D. A., Hangulyan E. V. Individual'nye obrazovatel'nye traektorii v kurse obshchej fiziki NIYAU MIFI. Fizicheskoe obrazovanie v vuzah. 2021 g. t.27, №3. S. 12-26.
2. Aleksandrova N. V., Ivanova N. A., Kalashnikov N. P., Matronchik A. YU., Ol'chak A. S., Samarchenko D. A., Tihomirov G. V., Tyulyusov A. N., Hangulyan E. V. Pervye rezul'taty vnedreniya individual'nyh obrazovatel'nyh traektorij v kurse obshchej fiziki NIYAU MIFI. Fizicheskoe obrazovanie v vuzah. 2022 g. t.28, №3. S. 5-13.
3. Aleksandrova N. V., Ivanova N. A., Kalashnikov N. P., Matronchik A. YU., Ol'chak A. S., Samarchenko D. A., Tyulyusov A. N., Hangulyan E. V. Ispol'zovanie tekhnologii IOT v kurse obshchej fiziki NIYAU MIFI. Nauka, tekhnika, pedagogika v vysshej shkole, 2023 g. S. 5-11.
4. Aleksandrova N. V., Ivanova N. A., Kalashnikov N. P., Matronchik A. YU., Ol'chak A. S., Samarchenko D. A., Tihomirov G. V., Tyulyusov A. N., Hangulyan E. V. Rezul'taty realizacii proekta IOT na kafedre obshchej fiziki NIYAU MIFI v 2021-2023 godah. Fizicheskoe obrazovanie v vuzah. 2024 g. t.30, №3. S. 16-26.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ ПО ФИЗИКЕ СРЕДИ ПЕРВОКУРСНИКОВ НИЯУ МИФИ В 2022-2024 ГОДАХ

Александрова Наталья Владимировна¹

кандидат технических наук, доцент, alexanava@rambler.ru

Иванова Наталья Анатольевна¹

кандидат физико-математических наук, доцент, NAIvanova@mephi.ru

Калашников Николай Павлович¹

доктор физико-математических наук, профессор, kalash@mephi.ru

Матрончик Алексей Юрьевич¹

кандидат физико-математических наук, доцент, matronchik2004@mail.ru

Самарченко Дмитрий Александрович¹

кандидат физико-математических наук, доцент, DASamarchenko@mephi.ru

Тюлюсов Антон Николаевич^{1,2}

кандидат физико-математических наук, доцент, tyulyusov@itep.ru

Хангулян Елена Владимировна¹

старший преподаватель, EVKhangulyan@mephi.ru

¹ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» 115409, Москва, Каширское шоссе, д. 31

² Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" 123182, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д.1

Аннотация

Рассматривается практика проведения входного контроля по физике студентов первого года обучения инженерных специальностей НИЯУ МИФИ, сравниваются результаты 2022-2024 годов. Проводится сопоставление с результатами ЕГЭ по физике в этот период. Обсуждается стабильный разрыв между итогами входного контроля и результатами экзамена с использованием кривой забывания физических знаний и умений.

Ключевые слова

Входной контроль, ЕГЭ, остаточные знания, оценивание, курс физики, решение задач, кривая забывания.

THE RESULTS OF THE ENTRANCE EXAMINATION IN PHYSICS AMONG THE FIRST-YEAR STUDENTS OF THE NATIONAL RESEARCH NUCLEAR UNIVERSITY MEPhI IN 2022-2024

Alexandrova Natalia V.¹

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, alexanava@rambler.ru

Ivanova Natalia A.¹

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
NAIvanova@mephi.ru

Kalashnikov Nikolay P.¹

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, kalash@mephi.ru

Matronchik Alexey Yu.¹

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
matronchik2004@mail.ru

Samarchenko Dmitry A.¹

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
DASamarchenko@mephi.ru

Tyulyusov Anton N.^{1,2}

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
tyulyusov@itep.ru

Khangulyan Elena V.¹

senior lecturer, EVKhangulyan@mephi.ru

¹ National Research Nuclear University MEPhI, 31, Kashirskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 115409

² National Research Center "Kurchatov Institute" 123182, Russian Federation, Moscow, Academician Kurchatov square 1

Abstract

The article examines the practice of conducting entrance control in physics for first-year engineering students at the National Research Nuclear University MEPhI, comparing the results of 2022-2024. A comparison is carried out with the results of the Unified State Exam in physics during this period. The stable gap between the results of the entrance control and the exam results is discussed using the forgetting curve of physical knowledge and skills.

Keywords

Entrance control, USE, residual knowledge, assessment, physics course, problem solving, forgetting curve.

Во многих вузах России после введения системы ЕГЭ проводится входной контроль знаний студентов, поступивших на 1 курс [3]. Уже более 15 лет в начале каждого сентября для студентов первого курса НИЯУ МИФИ проводится ежегодный входной контроль остаточных знаний по физике [1, 4, 5]. Проверка остаточных знаний школьного курса преследует несколько целей:

1. Оценка уровня знаний и умений первокурсников после сдачи ЕГЭ и летнего отдыха;
2. Выявление слабых мест, то есть требующих более подробного изучения разделов физики;
3. Распределение студентов по различным группам разных уровней обучения: углубленного, основного и базового.

Последний пункт имел особое значение именно в 2021-2024 годах для реализации проекта создания динамических групп по физике с трехуровневым обучением. Как и любой процесс, процесс обучения предполагает оценку его эффективности. Многие поколения преподавателей занимаются разработкой различных методик и технологий, позволяющих получение обратной связи от обучающегося с результатами усвоения им знаний. С активным внедрением в практику инновационных методов обучения, в том числе с использованием искусственного интеллекта, эта задача не перестает быть актуальной [3].

ЕГЭ по физике в 2022 году проходил 6 июня, в 2023 году - 5 июня, в 2024 году – 4 июня. Входной контроль по физике в НИЯУ МИФИ для первокурсников с 2021 года проводится в первую неделю сентября из-за реализации проекта ИОТ (трехуровневого обучения по индивидуальным образовательным траекториям). Все эти мероприятия проводились очно. В результате временной зазор между ЕГЭ и входным контролем

составил в эти годы примерно 3 месяца.

Всего для входного контроля в 2022-2024 годах использовалось больше десяти различных вариантов заданий одинакового уровня сложности. Каждый вариант состоит из 10 заданий, сформулированных в виде физических задач с развернутым ответом. Примеры задач с ответами приведены в работах [1, 5]. При решении каждой задачи студент должен воспользоваться основными физическими законами и получить ответ в общем и численном виде. Таким образом, проверяются не только формальные знания, но и способность студентов применять эти знания на практике. Для проверки знаний и умений студентам предлагалось за 1 час 35 минут решить 10 задач по механике, термодинамике, электричеству, оптике и атомной физике. Все задачи составлены по программе физики для средней школы и имеют соответствующую сложность. Учебниками и справочниками пользоваться запрещалось. Во всех задачах обязательно было правильное, полное и логически обоснованное решение, которое проверяется преподавателем. За каждую задачу в соответствии с критериями решения физических задач ставилось 0, 3, 7 или 10 баллов, что примерно соответствует шкале (0,1,2 или 3) оценок задач с развернутым ответом в ЕГЭ по физике. Максимальный балл, равный 100, такой же, как и в ЕГЭ.

Во входном контроле каждый год принимало участие более 95 % первокурсников, а средний балл входного контроля составил около 50 %, испытывая незначительные колебания в пределах погрешности (таблица 1). Средний балл ЕГЭ по математике и физике среди поступающих продемонстрировал за эти годы рост 6,6 % и 4,7 % соответственно. Процент сдававших ЕГЭ по физике среди всех писавших работу высок, лишь около 7 % студентов не сдавали данный экзамен, большинство из которых иностранцы. При этом средние баллы входного контроля примерно в 1,7-1,85 раза меньше средних баллов ЕГЭ по математике и физике.

Таблица 1

Явка и средние баллы тестируемых студентов в 2022-2024 годах

Год	Явка студентов	Явка %	Средний балл ЕГЭ по математике	Средний балл ЕГЭ по физике	Средний балл входного контроля
2022	354	95,7	84,2	85,5	48,0
2023	629	97,7	82,4	87,4	51,0
2024	670	97,0	89,8	89,1	48,4

Распределение студентов в зависимости от полученных баллов за входной контроль за исследуемые годы практически совпадают, имея выраженный максимум в районе 51-60 баллов (рис. 1). Наблюдаемые в распределениях локальные скачки связаны в том числе с четырехступенчатой шкалой оценивания задач.

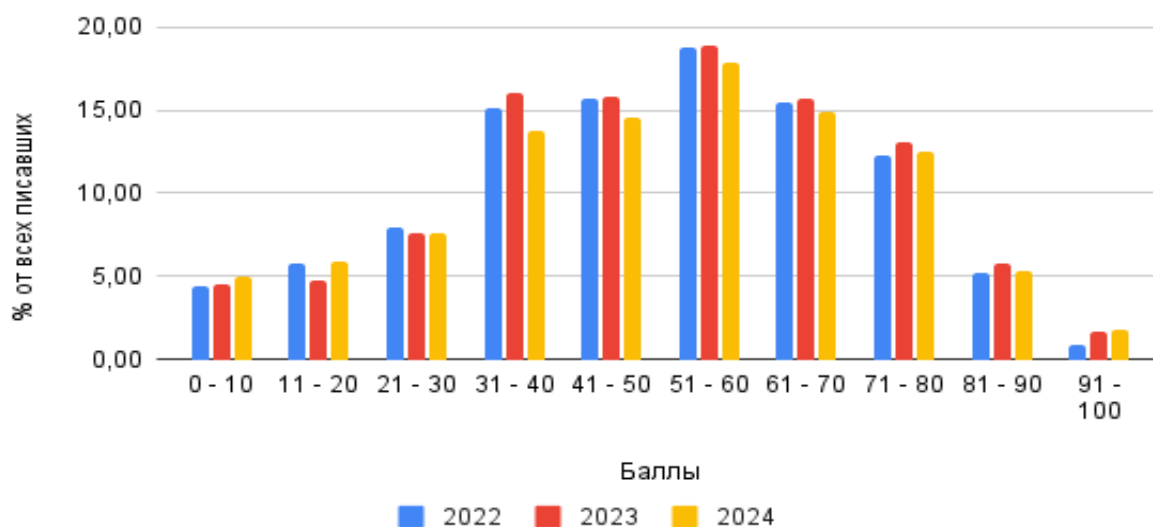


Рисунок 1 — Доля студентов, получивших баллы входного контроля в указанных диапазонах

Распределение студентов в зависимости от полученных баллов за ЕГЭ по физике имеет ожидаемо высокий уровень в районе 80-100 баллов (рис. 2). Стоит отметить высокую корреляцию баллов за ЕГЭ и средних баллов у соответствующих групп студентов на входном контроле (рис. 3).

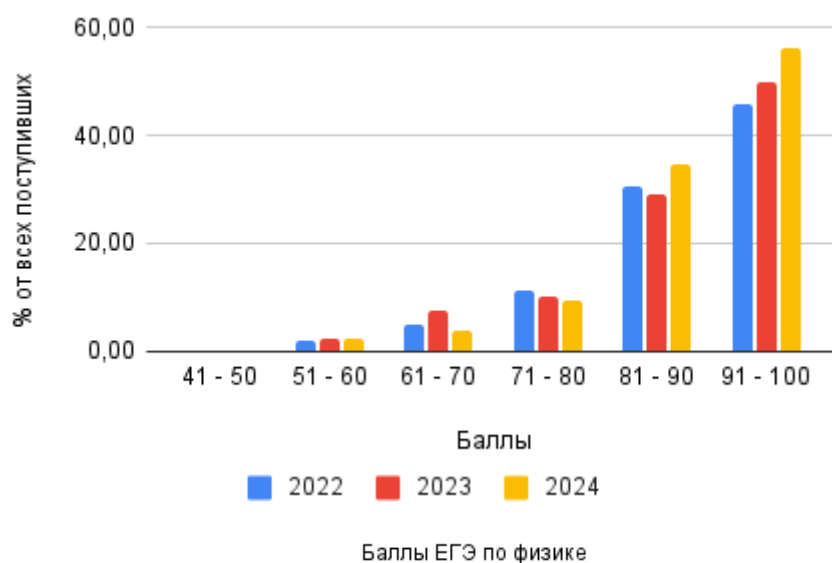


Рисунок 2 — Доля студентов, получивших баллы ЕГЭ в указанных диапазонах

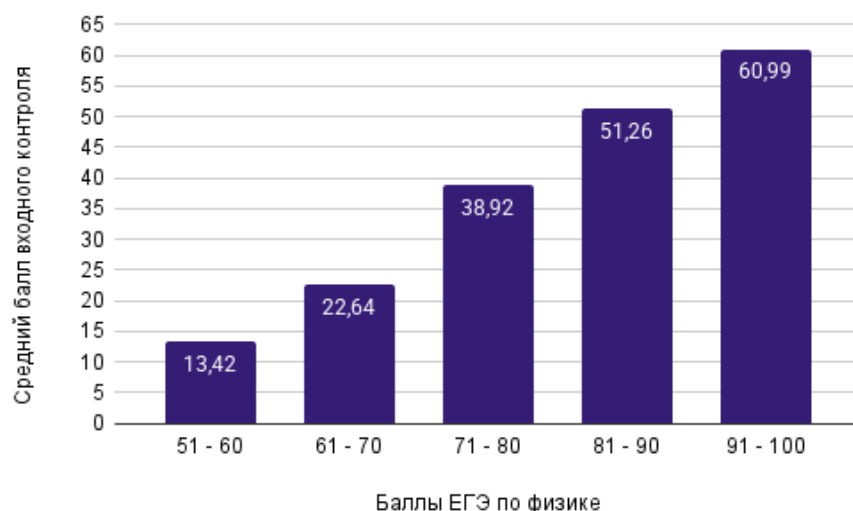
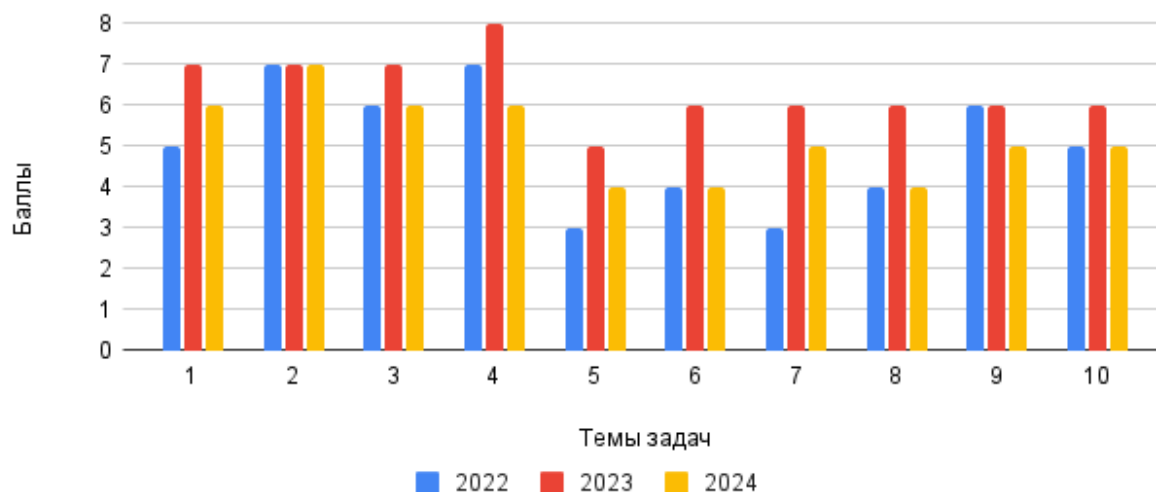


Рисунок 3 — Корреляция баллов за ЕГЭ по физике в указанных диапазонах и средних баллов на входном контроле в 2024 году

В предыдущие годы отмечалась зависимость среднего балла за входной контроль от времени, прошедшего после ЕГЭ [4]. Это было возможно исследовать, так как в пандемийные годы (2020-2021) сроки проведения ЕГЭ сдвигались ближе к дате проведения входного контроля. Школьные знания физических законов и навыки решения физических задач уменьшаются во времени согласно классической кривой забывания [2], что наглядно отражалось в результатах входного контроля.

На рис.4 представлено распределение среднего балла по 10 темам задач входного контроля. Средний балл за одну задачу (6 ± 1) в полтора раза меньше максимально возможного балла (10). Бывшие школьники плохо решают задачи по термодинамике и электричеству. Лучше всего решили задачи по механике и молекулярной физике. Разрыв средних баллов по темам за разные годы меньше у механики и молекулярной физики, потому что эти темы повторяют несколько раз в школьном курсе физики (от этого же, вероятно, и более высокий балл по этим темам в принципе), и они хорошо запоминаются учащимися. Также незначительный разрыв по годам у задач по квантовой физике, так как это последняя тема 11 класса, не успевает забываться, причем вариативность задач по данной теме низкая.



1. Кинематика 2. Динамика 3. Законы сохранения 4. Молекулярная физика 5. Термодинамика
6. Электростатика 7. Постоянный ток 8. Магнитное поле 9. Колебания 10. Квантовая физика

Рисунок 4 — Средний балл за задачи входного контроля в зависимости от тематики задачи

По результатам проведения входного контроля тестирования студентов 1 курса инженерных специальностей НИЯУ МИФИ по физике в 2022 – 2024 годах можно сделать следующие выводы:

1. Результаты ЕГЭ и входного контроля первокурсников по физике показывают реальный уровень их теоретических знаний и практических умений в начале обучения в университете. Имеет место корреляция соответствующих баллов за данные виды контроля.

2. С помощью кривой забывания физических законов и утраты навыков решения физических задач объясняется проблема разрыва набранных баллов на ЕГЭ по физике и на входном контроле.

3. Более низкие баллы на входном контроле за все три года первокурсники получают за школьные задачи по термодинамике и электричеству.

Список литературы

1. Влияние пандемии COVID-19 на результаты ЕГЭ по физике и входного контроля среди первокурсников НИЯУ МИФИ в 2020 году / Н. А. Иванова, Н. П. Калашников, А. Ю. Матрончик, А. С. Ольчак, Д. А. Самарченко, Е. В. Хангулян // Физическое образование в вузах. — 2021. — Т. 27, № 1. — С.111-121.
2. Донов А. Н. Скорость забывания знаний студентами различного уровня подготовки / А. Н. Донов, М. В. Кочукова. — Международный научно – исследовательский журнал. — ISSN 2303-9868. — 2015. — №3 (34), часть 4. — С.23-25.
3. Совершенствование системы контроля знаний по физике студентов технического университета / Е. А. Гусева, А. Ф. Смык, Е. А. Форш Е.А. // Физическое образование в вузах. — 2021. — Т. 27, № 4. — С.40-56.
4. Сравнение результатов входного контроля по физике среди первокурсников НИЯУ МИФИ в 2019-2021 годах / Н. В. Александрова, Н. А. Иванова, Н. П. Калашников, А. Ю. Матрончик, Д. А. Самарченко, А. Н. Тюлюсов, Е. В. Хангулян // Физическое образование в ВУЗах. — 2022. — Т. 28, № 2. — С.42-51.
5. Сравнение результатов ЕГЭ и входного контроля по физике среди первокурсников НИЯУ МИФИ в 2019 году / Н. А. Иванова, В. Н. Игнатов, Н. П. Калашников, А. Ю. Матрончик, С. С. Муравьев-Смирнов, А. С. Ольчак, Д. А. Самарченко, Е. В. Хангулян // Физическое образование в вузах. — 2020. — Т. 26, №3. — С.22-32.

References

1. The impact of the COVID-19 pandemic on the use of results in physics and entrance control among the first-year students of NRNU MEPhI in 2020 / N. A. Ivanova, N. P. Kalashnikov, A. Yu. Matronchik, A. S. Olchak, D. A. Samarchenko, E. V. Khangulyan // *Physics in Higher Education*. — 2021. — v. 27, No. 1. — p.p.111-121.
2. Donovan A. N. Rate of forgetting information by students of various training level / A. N. Donovan, M. V. Kochukova — *International Scientific-Research Journal*. ISSN 2303-9868. — 2015. — №3 (34), part 4. — p.p. 23-25.
3. Physics knowledge control system improving for a technical university students / E. A. Guseva, A. F. Smyk, E. A. Forsh // *Physics in Higher Education*. —2021. —v. 27, No. 4 — p.p. 40-56.
4. Comparison of the results of entrance control in physics among first-year students of NRNU MEPhI in 2019-2021 / N. V. Alexandrova, N. A Ivanova, N. P. Kalashnikov, A. Yu. Matronchik, D. A. Samarchenko, A. N. Tyulyusov, E. V. Khangulyan // *Physics in Higher Education*. — 2022. — v. 28, No. 2. — p.p. 42-51.
5. Comparison of the results of the Unified State Exam and entrance control in physics among first-year students of NRNU MEPhI in 2019-2021 / N. A. Ivanova, V. N. Ignatov, N. P. Kalashnikov, A. Yu. Matronchik, S. S. Muraviev-Smirnov, A. S. Olchak, D. A. Samarchenko, E. V. Khangulyan // *Physics in Higher Education*. — 2020. —v. 26, No. 3. — p.p. 22-32.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФИЗИКИ ИГРЫ В БИЛЬЯРД

Анищенко Инна Альбертовна

кандидат физико-математических наук, доцент, anishchenko@mirea.ru

Жданова Елена Владимировна

кандидат физико-математических наук, доцент, zhdanova@mirea.ru

Задерновский Анатолий Андреевич

доктор физико-математических наук, профессор, zadernovsky@mirea.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА), 119454, Российская Федерация, Москва, проспект Вернадского, д. 78

Аннотация

В курсе механики при изучении динамики движения твердого тела будет полезно и занимательно рассмотреть некоторые аспекты физики игры в бильярд. Задача о качении бильярдного шара по шероховатой плоскости после удара кием является одной из интересных проблем, привлечшей внимание многих ученых. Достаточно упомянуть таких корифеев физики как Г. Кориолис [1] и А. Зоммерфельд [2]. При этом, подробное исследование всевозможных движений ударяемого бильярдного шара (битка) выходит далеко за рамки общей физики и обычно выполняется методами аналитической механики. Однако, простейшие удары горизонтальным кием, расположенным в вертикальной плоскости, проходящей через центр шара, могут быть рассмотрены в начальном курсе физики. Движение бильярдного шара после таких ударов отличается рядом интересных особенностей, которые будут рассмотрены в данной работе.

Ключевые слова

Динамика движения твердого тела, качение шара, вращательное и поступательное движение, кинематические связи в механике.

SOME ASPECTS OF THE PHYSICS OF BILLIARDS

Anishchenko Inna A.

Candidate of Sciences (Phys. & Math), associate professor, anishchenko@mirea.ru

Zhdanova Elena V.

Candidate of Sciences (Phys. & Math), associate professor, safronov@mirea.ru

Zadernovsky Anatoly A.

Doctor of Sciences (Phys. & Math), professor, zadernovsky@mirea.ru

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “MIREA – Russian Technological University” (RTU MIREA), 119454, Russian Federation, Moscow, Vernadskogo Ave., 78

Abstract

In the course of mechanics, when studying the dynamics of rigid body motion, it will be useful and interesting to consider some aspects of the physics of billiards. The task of a billiard ball rolling on a rough plane after being hit with a cue stick is one of the interesting problems that has attracted the attention of many scientists. It is enough to mention such luminaries of physics as G. Coriolis [1] and A. Sommerfeld [2]. However, a detailed study of the motion of the hit billiard ball (the so called cue ball) goes far beyond the scope of general physics and is usually performed using methods of analytical mechanics. At the

same time, the simplest hits with a horizontal cue stick located in a vertical plane passing through the center of the ball can be considered in introductory physics. The movement of a billiard ball after such hits has a number of interesting features that will be discussed in this paper.

Keywords

Dynamics of rigid body motion, rolling motion, rotational and translational motion, kinematic relations in mechanics.

Преподавателям физики хорошо известно, что обсуждение вращательного движения твердого тела, которое обычно происходит на примере плоского движения, вызывает значительные затруднения у студентов всех уровней. Такое движение естественным образом представляется как комбинация поступательного движения со скоростью центра масс тела и вращательного движения вокруг оси, проходящей через центр масс. Качение бильярдного шара по шероховатой поверхности стола является прекрасным примером для иллюстрации физических законов, вовлеченных в такое движение. В данной статье мы рассмотрим возможные варианты движения бильярдного шара в зависимости от расположения точек удара на его поверхности. При этом, мы ограничимся ударами горизонтальным кием, расположенным в вертикальной плоскости, проходящей через центр шара.

Рассмотрим движение бильярдного шара сразу после удара. Под действием силы F (рис. 1), с которой кий действует на шар массой m во время удара, происходит изменение скорости V центра масс шара C в соответствии с уравнением $m dV/dt = F$. Одновременно, момент этой силы относительно оси вращения z перпендикулярной плоскости рисунка и проходящей через центр масс шара, приводит к изменению угловой скорости его вращения. Уравнение вращательного движения имеет вид $I d\omega_z/dt = Fx$, где x – координата точки удара (плечо), $I = 2mR^2/5$ – момент инерции шара с радиусом R и ω_z – проекция вектора угловой скорости на ось вращения z . При записи этих уравнений мы предполагали, что сила трения бильярдного шара о плоскость стола пренебрежимо мала по сравнению с силой удара F .

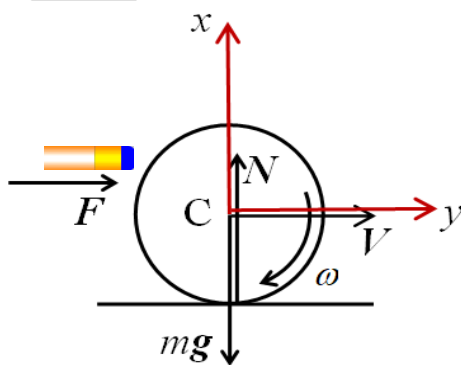


Рисунок 1 — Удар бильярдного шара горизонтальным кием

Исключая из этих уравнений силу F , получаем соотношение $Id\omega_z = mx dV$, которое после интегрирования принимает вид $I\omega_{0z} = mxV_0$ и связывает проекцию угловой скорости вращения и поступательную скорость движения шара сразу после удара. А именно

$$\omega_{0z} = \frac{5}{2} \frac{V_0 x}{R^2} \quad (1)$$

Видно, что при переходе через точку $x = 0$ (координата центра шара) знак проекции угловой скорости ω_{0z} на ось вращения изменяется на противоположный.

Другими словами, сразу после удара выше центра шара, он, в дополнение к поступательному движению, начинает вращаться по часовой стрелке. Такие удары называются в бильярде накатами. При ударах ниже центра шара он получает вращение против часовой стрелки. Такие удары называются в бильярде ударами с оттяжкой. Наконец, сразу после центрального удара шар движется только поступательно без всякого вращения.

Последующее после завершения удара движение шара определяется силой трения между шаром и поверхностью стола. Сила трения скольжения бильярдного шара неизменна по величине и равна $F_{\text{тр}} = \mu N$, где коэффициент трения μ зависит от степени шероховатости поверхности. Направление силы трения скольжения противоположно вектору скорости движения точки касания A шара с плоскостью стола. Точка A , как и любая другая точка шара, участвует одновременно в двух движениях поступательном со скоростью движения центра масс шара и вращательном. При ударах накатам линейная скорость вращательного движения точки касания $V_{0\text{вр}} = \omega_0 R$ всегда направлена навстречу поступательной скорости V_0 (рис. 2), а соотношение между их величинами зависит от выбора координаты точки удара кием.

При $x = (2/5)R$, как видно из (1), вращательная скорость $V_{0\text{вр}}$ равна по величине поступательной скорости V_0 . Полная скорость точки касания A оказывается равной нулю и, следовательно, сила трения скольжения отсутствует. Качение шара после такого удара должно происходить с постоянной скоростью и не может прекратиться. Расхождение этого вывода с опытом объясняется тем, что мы не учитывали силу трения качения, возникающую из-за деформации поверхности, по которой происходит движение шара. Для твердых поверхностей она обычно существенно меньше силы трения скольжения. Однако в данном случае сила трения качения выходит на первый план и, в конечном итоге, является причиной остановки движения шара.

При $(2/5)R < x < R$ вращательная скорость точки касания $V_{0\text{вр}} = \omega_0 R$ больше поступательной скорости V_0 и, следовательно, сила трения скольжения направлена вперед по ходу движения центра масс шара (рис. 2). В этом случае сила трения приводит к ускорению поступательного движения шара, а момент этой силы относительно оси проходящей через центр масс замедляет его вращение. Соответствующие уравнения движения $m dV/dt = F_{\text{тр}}$ и $I d\omega/dt = -F_{\text{тр}} R$ приводят, после исключения из них силы трения, к соотношению $I d\omega = -m R dV$. После интегрирования получаем выражение $I(\omega - \omega_0) + m(V - V_0)R = 0$, которое определяет связь между мгновенной угловой скоростью вращения шара ω и мгновенной скоростью его поступательного движения V .

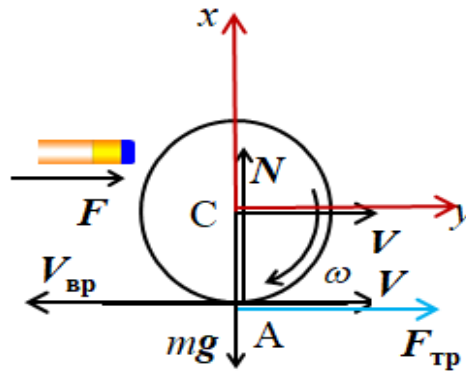


Рисунок 2 — Движение после удара бита накатом

Через некоторое время движение бильярдного шара перейдет в чистое качение без проскальзывания. При этом установившаяся поступательная скорость станет равной линейной вращательной скорости точки касания, то есть $V = \omega R$. С учетом начальной угловой скорости (1) получаем следующее выражение для установившейся скорости поступательного движения шара

$$V = \frac{5}{7} V_0 \left(1 + \frac{x}{R} \right) \quad (2)$$

При $0 < x < (2/5)R$ рассуждения аналогичны. Сила трения после ударов в этой области замедляет поступательное движение шара, а момент этой силы ускоряет вращательное движение. В приведенных выше уравнениях движения надо поменять знак перед силой трения $F_{\text{тр}}$, что не приводит к изменению последующих формул. Таким образом, выражение (2) остается справедливым для любых ударов накатом выше центра бильярдного шара.

При центральном ударе биток не получает начального вращения, а последующее движение шара определяется силой трения, действие которой, как и в предыдущем случае, замедляет поступательное движение шара и ускоряет его вращательное движение. Когда поступательная скорость точки касания A сравняется с её линейной вращательной скоростью, начинается движение шара без проскальзывания. Установившаяся скорость шара определяется формулой (2) при $x = 0$.

При ударах с оттяжкой, когда $-R < x < 0$, как вращательная скорость точки A так и её поступательная скорость направлены вперед по ходу движения шара. Сила трения при таких ударах всегда замедляет поступательное движение шара в соответствии с уравнением $m dV/dt = -F_{\text{тр}}$, а момент этой силы замедляет вращение шара по закону $I d\omega/dt = -F_{\text{тр}} R$. В итоге, обе составляющие линейной скорости точки A убывают. Здесь интересно выяснить какая из этих составляющих исчезнет раньше.

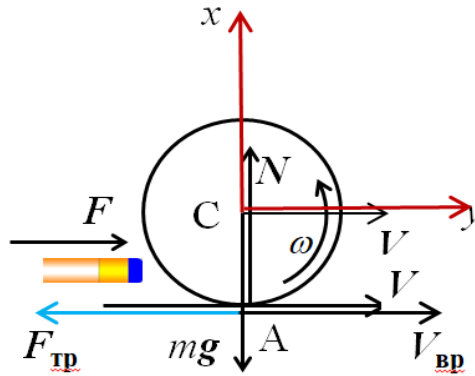


Рисунок 3 — Движение после удара бильярдного шара с оттяжкой

В соответствии с указанными уравнениями движения получаем

$$V = V_0 - \mu g t \quad (3)$$

$$\omega = \omega_0 - \frac{5}{2} \frac{\mu g}{R} t \quad (4)$$

Принимая во внимание соотношение (1) получаем, что поступательная скорость точки касания исчезнет через время $t_1 = V_0 / \mu g$, а вращение прекратится через время $t_2 = t_1 |x| / R$. Так как очевидным образом $|x| < R$, то $t_2 < t_1$ и вращение прекратится раньше. В момент «замирания» вращения скорость поступательного движения будет равна $V' = V_0(1 - |x|/R)$ и движение шара продолжится дальше, однако направление вращения изменится на противоположное. При этом, скорость центра масс шара V продолжит убывать, а скорость вращательного движения точки A , теперь уже с вращением по часовой стрелке, начнет возрастать, до тех пор пока $V_{вр} = \omega R$ не станет равной V . После этого качение шара будет происходить без проскальзывания с некоторой установившейся скоростью. Найдем эту скорость.

Уравнения движения шара при $t > t_2$ выглядят следующим образом $m dV/dt = -F_{тр}$ и $I d\omega/dt = F_{тр} R$, откуда $Id\omega = -mRdV$ или после интегрирования $I\omega + m(V - V')R = 0$. Установившуюся скорость V найдем, используя условие отсутствия проскальзывания $V = \omega R$. В результате получим $V = (5/7)V'$ или $V = (5/7)V_0(1 + x/R)$, где учтено, что при ударах с оттяжкой координата x места удара кием отрицательна.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что, несмотря на разнообразие сценариев достижения чистого качения бильярдного шара, установившаяся скорость поступательного движения будет определяться одной и той же универсальной формулой (2). Детальное рассмотрение различных вариантов движения бильярдного шара, выполненное в данной работе, поможет преподавателям с выбором задач [3] при изучении соответствующего раздела физики.

Список литературы

1. Кориолис Г. Математическая теория явлений бильярдной игры / Г. Кориолис; пер. с фр. И. Н. Веселовского, М. М. Гернета. -3-е изд. -М.: URSS, 2009. - 240 с
2. Зоммерфельд А. Механика / А. Зоммерфельд; пер. с нем. Т. Е. Тамм, под. ред. Д. В. Сивухина. – М.: ГИИЛ, 1947. – 392 с.
3. Кириллов В. М. Решение задач по физике. / В. М. Кириллов, В. А. Давыдов, А. А. Задерновский и др.; 2-е изд., испр. и доп. – М.: КомКнига, 2006. – 248 с.

References

1. Koriolis G. Matematicheskaya teoriya yavlenij bil'yardnoj igry / G. Koriolis; per. s fr. I. N. Veselovskogo, M. M. Gerneta. - 3-e izd. - M.: URSS, 2009. - 240 s
2. Zommerfel'd A. Mekhanika / A. Zommerfeld; per. s nem. T. E. Tamm, pod. red. D. V. Sivuhina. – M.: GIIL, 1947. – 392 s.
3. Kirillov V. M. Reshenie zadach po fizike. / V. M. Kirillov, V. A. Davydov, A. A. Zadernovskij i dr.; 2-e izd., ispr. i dop. – M.: KomKniga, 2006. – 248 s.

ФССО-2025

**НОВЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ
КАФЕДРЫ ФИЗИКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Апушкинский Евгений Геннадиевич

доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой, tihonova_ta@spbstu.ru

Кожевников Вадим Андреевич

кандидат физико-математических наук, старший преподаватель, moraval@mail.ru

Тихонова Татьяна Анатольевна

ведущий инженер, tihonova_ta@spbstu.ru

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251,
Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Аннотация

Нынешний студент, проходящий лабораторный практикум по физике уже не тот, что был пару десятков лет назад. Обычно он уже знает, как организованы учебные лаборатории по физике в ведущих университетах мира. Поэтому, в современной лаборатории для студента основной целью должно быть не созерцание опытов, проводимых где-то и кем-то, а возможность самостоятельно проверить на опыте некоторые физические законы и даже измерить значения основных физических констант. Организаторы практикума должны предоставить ему такую возможность. В нашем практикуме по молекулярной физике студенты могут самостоятельно измерить скорость звука в воздухе и в жидкости, коэффициент теплопроводности воздуха, постоянную Больцмана, постоянную адиабаты для воздуха. Все установки, на которых работают студенты, оснащены современными цифровыми приборами и имеют дистанционный доступ.

Ключевые слова

Лабораторный практикум по молекулярной физике. Дистанционный доступ. Измерение основных характеристик воздуха. Скорость звука в воздухе.

**NEW LABORATORY PRACTICAL COURSE ON MOLECULAR PHYSICS OF
THE PHYSICS DEPARTMENT OF PETER THE GREAT ST. PETERSBURG
POLYTECHNIC UNIVERSITY**

Apushkinskiy Evgeny G.

Dr. Sci. Head of Department, apushkinsky@hotmail.com

Kozhevnikov Vadim A.

PhD in Physics, Senior Lecturer, moraval@mail.ru

Tikhonova Tatyana A.

Lead Engineer, tihonova_ta@spbstu.ru

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 195251, Russian Federation, Saint Petersburg, Politekhnikeskaya St., 29

Abstract

A current student taking a laboratory course in physics is not the same as he was a couple of decades ago. Usually, he already knows how physics laboratories are organized in the world's leading universities. Therefore, in a modern laboratory, the main goal for a student should not be to contemplate experiments conducted somewhere and by someone, but to

be able to independently test some physical laws and even measure the values of basic physical constants. The organizers of the course should provide him with such an opportunity. In our practical course in molecular physics, students can independently measure the speed of sound in air and in liquid, the thermal conductivity coefficient of air, the Boltzmann constant, and the adiabatic constant for air. All the installations that students work on are equipped with modern digital devices and have remote access.

Keywords

Laboratory practical training in molecular physics. Remote access. Measurement of the main characteristics of air. Speed of sound in air.

Новый лабораторный практикум, как и предыдущие два: «Физика. Волновые и квантовые свойства света. Практикум.» [1] и «Физика. Электромагнетизм. Практикум.» [2], о которых уже сообщалось на предыдущих конференциях ФССО, также содержит шесть экспериментальных установок. Все установки укомплектованы цифровыми приборами, допускают их модернизацию и тиражирование, имеют возможность перейти на режим экспериментов в дистанционном формате и на режим автоматического заполнения электронных протоколов измерений. Очень важно, что студенты в ходе выполнения лабораторной работы снимают данные с реальных современных измерительных приборов, которые студенты сами настраивают на нужный режим.

На выполнение каждой лабораторной работы студенту отводится два академических часа, которые студент находится в лаборатории, примерно час на подготовку к работе и еще примерно час на написание отчета. При этом лабораторный курс может не совпадать с лекционным. Возможно, что студент в лаборатории столкнется с явлением, о котором ему было рассказано на лекции, а может случиться и так, что речи об явлении, которое он изучает в лаборатории, на лекции еще не было. Данный практикум построен так, что студент сам в состоянии установить связь своих экспериментальных результатов с теми закономерностями, о которых ему уже сообщалось или будет сообщено на лекциях.

Практикум включает следующие лабораторные работы:

- определение коэффициента теплопроводности воздуха;
- эффект Доплера;
- исследование упругих волн в жидкости;
- акустическая камера;
- определение показателя адиабаты воздуха резонансным методом;
- определение постоянной Больцмана.

В ходе выполнения этих лабораторных работ студенты определяют скорость определения звуковых волн в воздухе и жидкости, показатель адиабаты воздуха, коэффициент теплопроводности воздуха и постоянную Больцмана.

Ко всем этим установкам и приборам составлены подробные инструкции и описания, которые изданы в виде отдельного учебного пособия «Физика. Молекулярная физика. Практикум» [3]. Методические материалы, вошедшие в эту книгу по каждой из лабораторных работ, включают следующие разделы:

- цель работы;
- объект исследования;
- задачи;
- введение, где дается описание экспериментально исследуемого явления;
- описание экспериментальной установки с обязательной блок схемой и фотографией установки;
- порядок проведения работы;
- обработка результатов;

- контрольные вопросы;
- литература;
- работа с установкой в дистанционном режиме.

Перед началом проведения измерений необходимо изучение этих методических материалов. Рядом с каждой установкой находятся подробные инструкции работы с измерительными приборами, которыми студенты могут пользоваться во время проведения измерений и занесения результатов в бумажный или электронный протокол.

Такой протокол каждый студент должен иметь свой, а работать одновременно за одной установкой могут два-три студента. В качестве иллюстрации приведем здесь блок-схему (Рис. 1), фотографию установки (Рис. 2) и вид рабочего стола на экране удаленного компьютера (Рис.3) для работы «Эффект Доплера»:

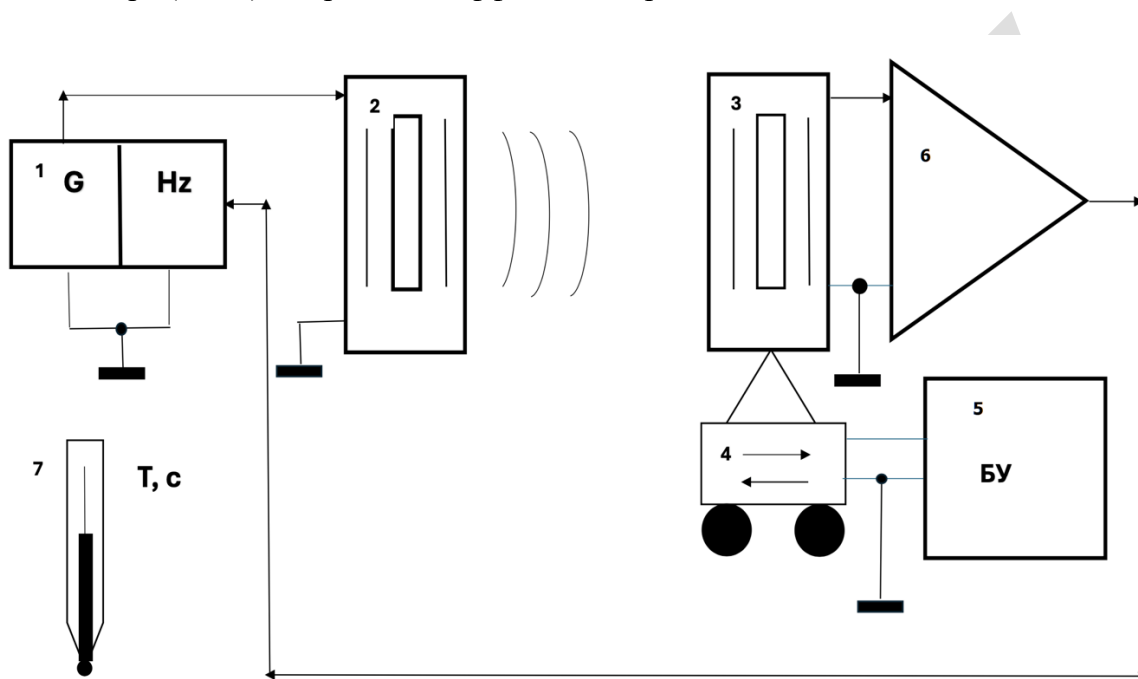


Рисунок 1 — Блок-схема экспериментальной установки: 1- цифровой генератор с функцией измерения частоты, 2 - неподвижный источник ультразвука, 3 - движущийся приемник ультразвука, 4 - подвижная каретка. 5 – блок управления движением каретки, 6- усилитель, 7 -термометр

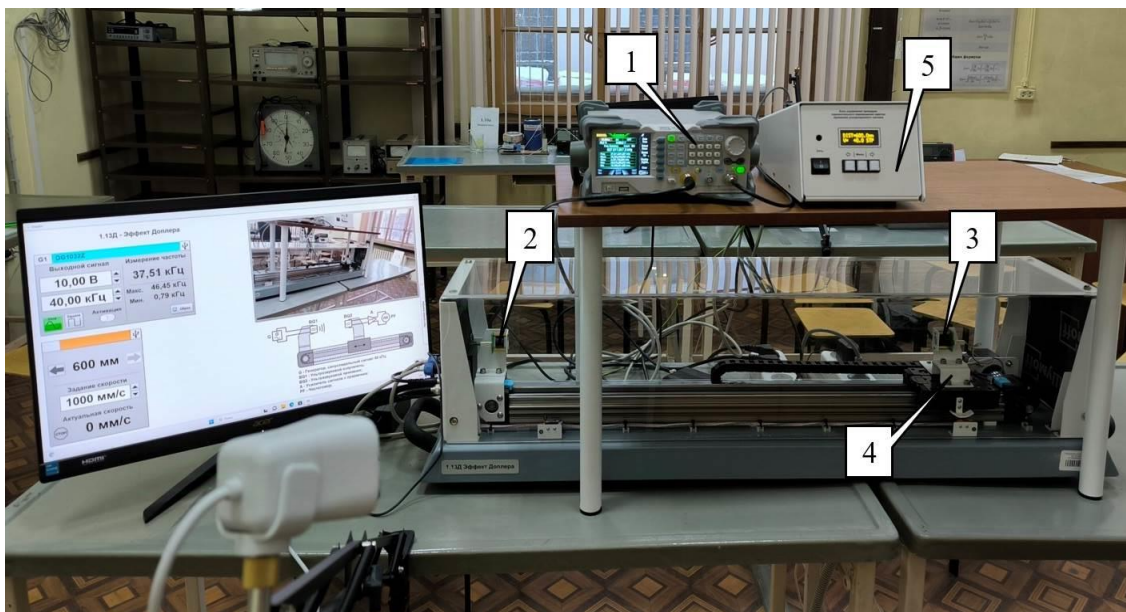


Рисунок 2 — Экспериментальная установка: 1- цифровой генератор с функцией измерения частоты, 2 - неподвижный источник ультразвука, 3 - движущийся приемник ультразвука, 4 - подвижная каретка. 5 – блок управления движением каретки. 6- усилитель

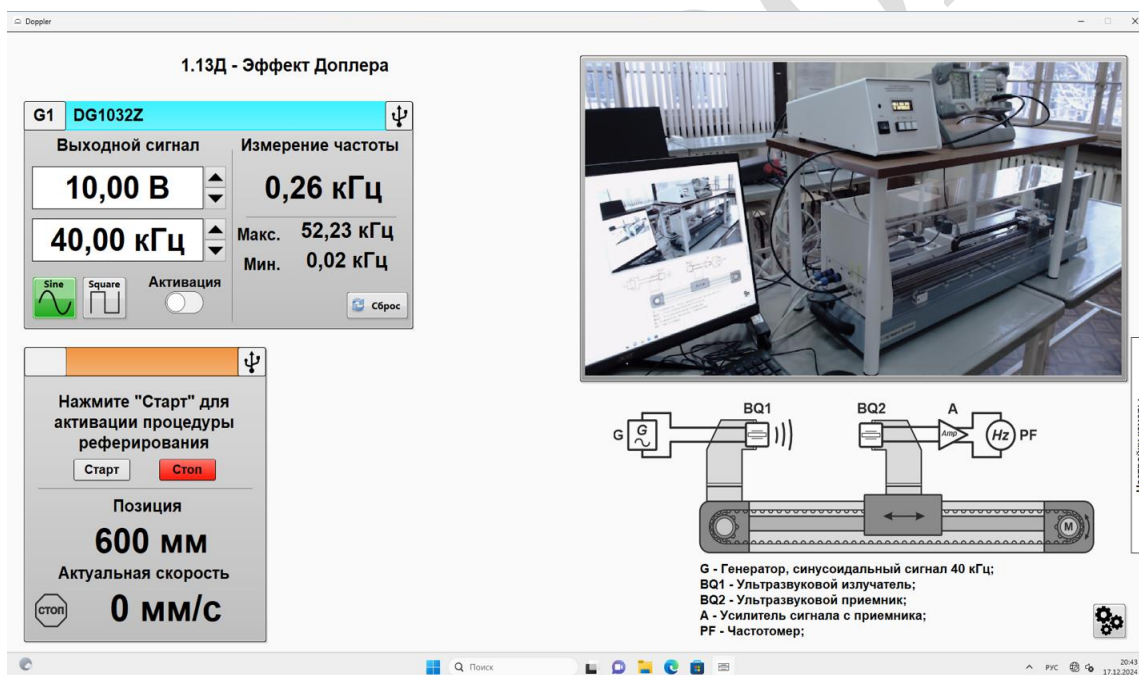


Рисунок 3 — Интерфейс программы управления установкой на экране удаленного компьютера

Лабораторные работы данного цикла практикума ориентированы на хорошо известные университетские курсы физики И. Е. Иродова, И. В. Савельева и новый курс В. К. Иванова, профессора, работающего на кафедре физики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Книги этих авторов следует использовать студентам при подготовке к работам и написании отчетов по ним. В заключение отметим, что в ходе выполнения лабораторных работ студенты приобретают практические навыки и умения планировать и проводить физический эксперимент на реальном оборудовании, умение понять проблему, умение оценивать погрешность получаемых результатов, навыки составления адекватных отчетов по проведенным измерениям, умение работать в команде.

Список литературы

1. Физика. Волновые и квантовые свойства света. Практикум: учебное пособие / Апушкинский Е. Г., Воробьева Т. В., Савельев В. П. и др.; под ред. Е. Г. Апушкинского. – СПб.: «ПОЛИТЕХ-ПРЕСС», 2020. – 80с.
2. Физика. Электромагнетизм. Практикум: учебное пособие / Апушкинский Е. Г., Веневцев И. Д., Веселкова Н. Г. и др.; под ред. Е. Г. Апушкинского; – СПб.: «ПОЛИТЕХ-ПРЕСС», 2024. –107с.
3. Физика. Молекулярная физика. Практикум: учебное пособие / Апушкинский Е. Г., Воробьева Т. В., Ипатов А. Н. и другие; под ред. Е. Г. Апушкинского. – СПб.: «ПОЛИТЕХ-ПРЕСС», 2025. – 82с.

References

1. Physics. Wave and quantum properties of light. Practical training: textbook / Apushkinskiy E. G., Vorobyeva T. V., Savelyev V. P. and others; edited by E. G. Apushkinsky. - SPb: "POLITECH-PRESS", 2020. – 80 p.
2. Physics. Electromagnetism. Practical training: textbook / Apushkinsky E. G., Venevtsev I. D., Veselkova N. G. and others; edited by E. G. Apushkinsky. - SPb: "POLITECH-PRESS", 2024. –107 p.
3. Physics. Molecular Physics. Practical training: textbook / Apushkinsky E. G., Vorobyeva T. V., Ipatov A. N. and others; edited by E. G. Apushkinsky. - SPb: "POLITECH-PRESS", 2025. – 82 p.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ НА АГРОИНЖЕНЕРНОМ ФАКУЛЬТЕТЕ ВОРОНЕЖСКОГО ГАУ

Воищев Валерий Сергеевич

доктор физико-математических наук, профессор, v.voischev@mail.ru

Ларионов Алексей Николаевич

доктор физико-математических наук, профессор, larionovan@yandex.ru

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 394087, Россия, Воронеж, ул. Мичурина, 1

Аннотация

Рассмотрены физические процессы, протекающие в элементах электротехнических схем, с целью формирования у студентов необходимой базы знаний, для преодоления трудностей, возникающих при изучении первого и второго *законов коммутации*. Законы коммутации играют важную роль при анализе переходных процессов в электрических цепях. Эти процессы возникают при любых изменениях режима цепи: подключении и отключении, изменении нагрузки, возникновении аварийных режимов (короткое замыкание, обрыв провода и т. д.).

Электротехнические схемы (цепи) состоят из различных элементов. *Элементы схемы* — это составные части схемы, выполняющие определённую функцию в изделии. Для понимания работы различных схем, студенты должны хорошо понимать назначение отдельных элементов схемы и физические процессы, происходящие в отдельных элементах цепи в реальных условиях. Резистор (*активное сопротивление*) R — это элемент схемы, на котором происходит безвозвратное преобразование электрической энергии в другие виды энергии. Индуктивность L — *это мера электрической инерции катушки (контура)*. Индуктивность зависит от размеров и формы контура, а также от магнитных свойств среды, в которой находится этот контур, но не зависит непосредственно от силы тока в проводнике. Конденсатор C служит для накопления электрического заряда q и его передачи в другие участки электрической цепи.

Процессы зарядки и разрядки конденсатора через резистор R ; процессы замыкания и размыкания электрической цепи, содержащей индуктивность — студенты наблюдают, выполняя соответствующие лабораторные работы.

Ключевые слова

Зарядка и разрядка конденсатора. Токи при замыкании и размыкании цепи. Законы коммутации.

SOME FEATURES OF TEACHING PHYSICS AT AGROENGINEERING FACULTY OF VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Valery Sergeevich V.

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, v.voischev@mail.ru

Larionov Alexey N.

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, e-larionovan@yandex.ru

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh, Michurina str., 1

Abstract

The physical processes occurring in the elements of electrical and technical circuits are considered in order to form the necessary knowledge base for students to overcome the difficulties encountered in studying the first and second laws of combination. The laws of

switching play an important role in the analysis of transients in electrical circuits. These processes occur with any changes in the circuit mode: connection and disconnection, load changes, emergency modes (short circuit, wire breakage, etc.). Electrical circuits (circuits) consist of various elements. Circuit elements are the component parts of a circuit that perform a specific function in the design. To understand the operation of various circuits, students must have a good understanding of the purpose of individual circuit elements and the physical processes occurring in individual circuit elements in real conditions. Resistor (active resistance) R is an element of the circuit on which the irrevocable conversion of electrical energy into other types of energy takes place. Inductance L is a measure of the electrical inertia of a coil (circuit). The inductance depends on the size and shape of the circuit, as well as on the magnetic properties of the medium in which this circuit is located, but does not directly depend on the current strength in the conductor. The capacitor C is used to accumulate an electric charge q and transfer it to other parts of the electrical circuit. The processes of charging and discharging a capacitor through a resistor R ; the processes of closing and opening an electrical circuit containing inductance - students observe by performing appropriate laboratory work.

Keywords

Charging and discharging of the capacitor. Currents during circuit closure and opening. The laws of commutation.

При разработке рабочей программы по физике для студентов первого курса агроинженерного факультета Воронежского ГАУ по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» профиль «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» нами была учтена заинтересованность кафедры «электротехника и автоматика» – в более глубоком изучении физических процессов, протекающие в элементах электротехнических схем, с целью формирования у студентов необходимой базы знаний, для преодоления трудностей, возникающих при изучении *законов коммутации*. Законы коммутации играют важную роль при анализе переходных процессов в электрических цепях. Эти процессы возникают при любых изменениях режима цепи: подключении и отключении, изменении нагрузки, возникновении аварийных режимов (короткое замыкание, обрыв провода и т. д.). Законы коммутации позволяют рассчитать токи и напряжения переходных процессов, что необходимо для разработки мер защиты.

Первый закон коммутации: «В индуктивном элементе сила электрического тока (и магнитный поток) непосредственно после коммутации сохраняет значение, которое он имел непосредственно перед коммутацией, и дальше начинает изменяться именно с этого значения». Таким образом, первый закон коммутации утверждает, что электрический ток в катушке индуктивности не может меняться скачком [1, 2].

Второй закон коммутации: «напряжение на ёмкостном элементе цепи C непосредственно до коммутации равно напряжению во время коммутации и напряжению на ёмкостном элементе непосредственно после коммутации и в дальнейшем изменяется, начиная именно с этого значения». Таким образом, второй закон коммутации утверждает, что напряжение на емкостном элементе цепи не может меняться скачком [1].

Переходные процессы могут продолжаться от долей наносекунд до нескольких лет. Длительность протекания переходного процесса определяется постоянной времени резисторно–конденсаторной схемы (RC -схема), которая равна $\tau = RC$. Постоянная времени RC цепи τ - это время, необходимое конденсатору для того, чтобы напряжение на нем составило $\sim 63\%$ от подаваемого напряжения, если зарядка конденсатора начиналась с нулевого значения. Длительность протекания переходного

процесса резисторно–индуктивной схемы (RL -схема), определяется временем релаксации $\tau = R/L$ [2].

Электротехнические схемы (цепи) состоят из различных элементов. *Элементы схемы* — это составные части схемы, выполняющие определённую функцию в изделии, которые не могут быть разделены на части, имеющие самостоятельное назначение. Например: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, трансформаторы и т. д. Для понимания работы различных схем, студенты должны хорошо понимать назначение отдельных элементов схемы и физические процессы, происходящие в отдельных элементах цепи в реальных условиях. Например: **Резистор** (активное сопротивление) R — это элемент схемы, на котором происходит безвозвратное преобразование электрической энергии в другие виды энергии.

Индуктивность L — это мера электрической инерции катушки (контура). Индуктивность зависит от размеров и формы контура, а также от магнитных свойств среды, в которой находится этот контур, но не зависит непосредственно от силы тока в проводнике. **Катушка индуктивности** — это соленоид, состоящий из определённого количества витков N . Индуктивность катушки: $L = \mu_0 \cdot \mu \cdot \frac{N^2 \cdot S}{l}$, где S — площадь поперечного сечения катушки, l — длина катушки, μ_0 — магнитная постоянная, μ — относительная магнитная проницаемость среды, в которой находится катушка.

Идеальная катушка индуктивности — это элемент электрической цепи, запасаящий электрическую энергию в магнитном поле, которую может полностью возвратить в последующем. Поэтому идеальная катушка индуктивности активную энергию не потребляет. Величина энергии магнитного поля катушки индуктивности с током равна половине произведения индуктивности катушки на квадрат силы тока в ней: $W_m = \frac{L \cdot I^2}{2}$. При заданной силе тока I индуктивность L определяет энергию магнитного поля, создаваемого этим током [3].

Для более глубокого понимания первого закона коммутации рассмотрим процессы, протекающие при замыкании и размыкании электрической цепи, содержащей катушку индуктивности L и резистор R .

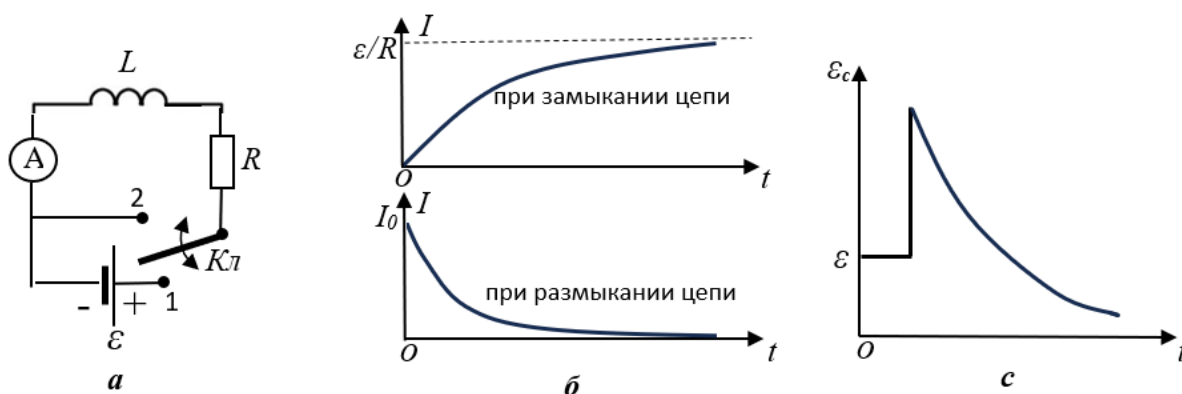


Рисунок 1 — Замыкание и размыкание резисторно-индуктивной (RL) цепи

Схема электрической цепи для изучения влияния величин резистора R и катушки индуктивности L на процессы, происходящие при замыкании и размыкании цепи, соединённую последовательно с источником ЭДС ε (рис.1а), позволяет экспериментально обосновать первый закон коммутации и определить время релаксации $\tau = R/L$.

Закон изменения силы тока в цепи при ее замыкании и размыкании, т. е. при неустановившемся режиме в цепи [1] имеет вид

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{R \cdot t}{L}} + \frac{\varepsilon}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{R \cdot t}{L}}\right) \quad (1)$$

При **замыкании** электрической цепи ($K\lambda$ в положении 1) в катушке индуктивности возникает ЭДС самоиндукции ε_c . Согласно правилу Ленца, направление силы тока самоиндукции замыкания i противоположно направлению силы тока проводимости I . Поэтому электрический ток в цепи будет нарастать постепенно.

В начальный момент времени ($t = 0$) сила начального электрического проводимости тока $I_0 = 0$, из уравнения (1) получаем:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{R \cdot t}{L}}\right) \quad (2)$$

Сила тока в цепи постепенно увеличивается от нуля до значения $I = \varepsilon/R$, соответствующего силе постоянного тока (рис. 1б). Нарастание силы тока происходит тем быстрее, чем больше отношение R/L , то есть чем меньше индуктивность катушки L и больше её сопротивление R .

При **размыкании** электрической цепи ($K\lambda$ в положении 2) в той же катушке при убывании тока ток самоиндукции i имеет то же направление, что и убывающий ток внешнего источника, и замедляет его убывание. При размыкании электрической цепи в начальный момент времени $\varepsilon = 0$ из уравнения (1) получаем:

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{R \cdot t}{L}} = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3)$$

Сила тока в цепи постепенно уменьшается от начального значения I_0 до нуля (рис. 1б), по экспоненциальному закону тем быстрее, чем больше сопротивление цепи R и чем меньше её индуктивность L . Нарастание силы тока при замыкании цепи и убывание силы тока при размыкании цепи происходит не мгновенно, а постепенно, причем эти эффекты замедлены тем значительнее, чем больше величина индуктивности в цепи.

Чрезвычайно важным является рассмотрение процесса мгновенного размыкания электрической цепи, содержащей катушку индуктивности с большой величиной коэффициента индукции L . В этом случае происходит мгновенное увеличение активного сопротивления цепи R' ($R' \gg R$). Расчеты показали [3], что в случае мгновенного увеличения сопротивления цепи можно получить выражение

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon} = \frac{R' - R}{R \cdot e^{-\frac{R \cdot t}{L}}} \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что при значительном увеличении сопротивления цепи ($R' \gg R$), обладающей большой индуктивностью L , э.д.с. самоиндукции может во много раз превышать ЭДС источника электрического тока ε ($\varepsilon_c \gg \varepsilon$). Резкий скачок ЭДС самоиндукции ε_c показан на рис. 1с.

Большая величина э.д.с. самоиндукции, возникающая при быстром размыкании электрической цепи, может вызвать пробой воздушного зазора между контактами выключателя (*проскакивает искра или даже возникает дуговой разряд*). Электрическая дуга может расплавить контакты выключателя и вывести его из строя. Для предотвращения искрения контактов выключателя цепи низкого напряжения параллельно контактам включают конденсатор. В момент размыкания цепи конденсатор заряжается, а затем разряжается через цепь. В электрических цепях высокого напряжения применяются выключатели специальной конструкции (масляные и др.), обеспечивающие быстрое гашение дугового разряда.

Конденсатор служит для накопления электрического заряда q и его передачи в другие участки электрической цепи. **Емкость конденсатора** C – скалярная физическая величина, характеризующая способность конденсатора накапливать электрический заряд. Емкость конденсатора численно равна заряду, который необходимо перенести с одной обкладки на другую, для изменения разности

потенциалов U между ними на $1B$: $C = q/U$. Заряженный конденсатор обладает энергией: $W_e = C \cdot \frac{U^2}{2}$.

Процессы зарядки и разрядки конденсатора через резистор R студенты наблюдают, выполняя лабораторную работу. Схема электрической цепи для изучения влияния величин сопротивления резистора R и электроёмкости конденсатора C на продолжительность процесса заряда и разряда конденсатора, включённого в электрическую цепь RC , соединённую последовательно с источником ЭДС ε (рис.2а), позволяет экспериментально обосновать второй закон коммутации и определить постоянную времени коммутации τ .

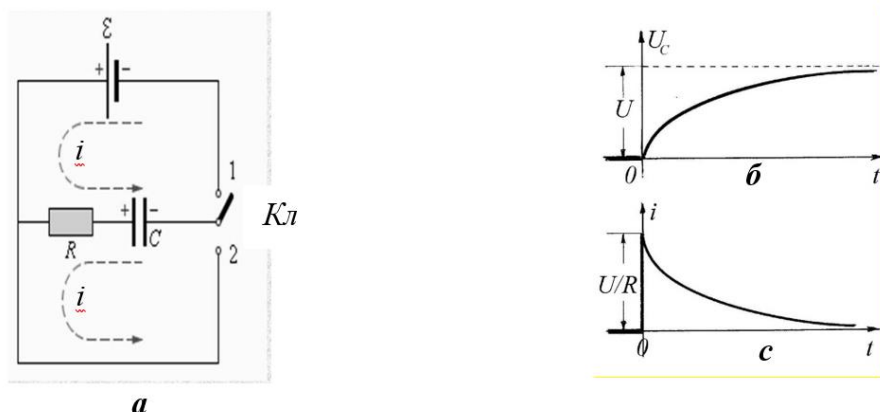


Рисунок 2 — Замыкание и размыкание резисторно-конденсаторной (RC) цепи

Источник электрической энергии является проводником и всегда имеет некоторое сопротивление (*внутреннее сопротивление r*), поэтому при прохождении электрического тока, в нем выделяется тепло. Электродвижущая сила (ЭДС) – численно равна работы сторонних сил при перемещении по замкнутому контуру единичного электрического заряда $\varepsilon = A_{\text{стор}}/q$.

При замыкании ключа $Kл$ (*положение 1*), то есть при зарядке конденсатора, напряжение U_C возрастает постепенно (рис. 1б), так как сила зарядного тока i в цепи ограничена сопротивлением R и в начальный момент времени не может быть больше U/R . С течением времени зарядный ток постепенно уменьшается и скорость накопления заряда на обкладках конденсатора снижается. Через некоторый промежуток времени напряжение на конденсаторе достигает величины, равной напряжению источника питания, при этом, зарядный ток становится равным нулю — *процесс зарядки конденсатора завершается*.

При размыкании ключа $Kл$ (*положение 2*), то есть при разрядке конденсатора, напряжение на конденсаторе U_C убывает постепенно (рис. 1с). Напряжение на конденсаторе U_C при его разрядке убывает постепенно из-за наличия сопротивления R в электрической цепи. Чем больше величина R , тем меньше сила разрядного тока, следовательно скорость уменьшения величины заряда на обкладках конденсатора убывает. Через некоторый промежуток времени напряжение на конденсаторе достигает нулевого значения, а ток разрядки становится равным нулю — *процесс разрядки конденсатора завершается*.

Для электрической цепи, показанной на рис. 1а второе правило Кирхгофа имеет вид

$$U = U_R + U_C \quad (5)$$

где $U_R = R \cdot i$.

Напряжение U_C и сила тока i в цепи связаны соотношением

$$U_c = \frac{1}{C} \cdot \int i \cdot dt \quad (6)$$

Следовательно,

$$i = C \cdot \frac{dU_c}{dt} \quad (7)$$

Тогда второе правило Кирхгофа (5) для электрической цепи преобразуется к виду

$$R \cdot C \cdot \frac{dU_c}{dt} + U_c = U \quad (8)$$

Зависимость напряжения на конденсаторе U_c и силы тока i в электрической цепи изучается студентами при выполнении лабораторной работы, таким образом, они экспериментально подтверждают второй закон коммутации. Применение этого закона необходимо для обоснования работы транзисторных схем. (Например, переходные процессы в p - n -переходах связаны с явлениями, происходящими при быстром изменении напряжения на p - n -переходе или тока через p - n -переход). Переходные процессы в p - n -переходах при их переключении — это перезарядка барьерной емкости, которая также происходит не мгновенно).

Таким образом, установление связей между кафедрой физики с кафедрой электротехники и автоматики означает принцип преемственности обучения, что способствует, в частности, более глубокому усвоению студентами переходных процессов в отдельных элементах электрической цепи, так и в полупроводниковых диодах, транзисторах и др. Для успешной эксплуатации таких устройств и разработки установок на их основе необходимо понимание физических принципов действия перечисленных устройств, умение оценивать влияние электрических и магнитных полей на их параметры и характеристики.

Список литературы

1. Жеребцов И. П. Основы электроники /И. П. Жеребцов.-С-Пб.: Энергоатомиздат. 2010. - 352 с.
2. Прянишников В. А. Теоретические основы электротехники. Курс лекций. / В. А. Прянишников. – С-Пб.: Корона. – 2000. 364 с.
3. Ларионов А. Н. Физические основы электроники и электротехники /А. Н. Ларионов, Ю. И. Кураков, В. С. Воищев и другие; – ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2015 г. – 433 с.
4. Воищев В. С. Физика. Физические основы электричества, магнетизма и оптики: учебное пособие / В. С. Воищев, А. Н. Ларионов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – 205 с.
5. Воищев В. С. Физика: учебное пособие / В. С. Воищев, Ю. И. Кураков, А. Н. Ларионов и другие; под общей редакцией проф. В. С. Воищева. - Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2014. – 333 с.

References

1. Zhrebtsov I. P. Osnovy elektroniki / I. P. Zhrebtsov. – S-Pb.: Energoatomizdat. 2010. – 352 s.
2. Pryanishnikov V. A. Teoreticheskie osnovy elektrotehniki. Kurs lektsiy. / V. A. Pryanishnikov. – S-Pb.: Korona. – 2000. 364 s.
3. Larionov A. N. Fizicheskie osnovy elektroniki i elektrotehniki / A. N. Larionov, Yu. I. Kurakov, V. S. Voishchev i drugie; – FGBOU VO Voronezhskiy GAU. 2015 g. – 433 s.
4. Voishchev V. S. Fizika. Fizicheskie osnovy elektrichestva, magnetizma i optiki: uchebnoe posobie / V. S. Voishchev, A. N. Larionov. – Voronezh: FGBOU VO Voronezhskiy GAU, 2024. – 205 s.
5. Voishchev V. S. Fizika: uchebnoe posobie / V. S. Voishchev, Yu. I. Kurakov, A. N. Larionov i drugie; pod obshchey redaktsiey prof. V. S. Voishcheva. – Voronezh: FGBOU VO Voronezhskiy GAU, 2014. – 333 s.

ПРАКТИКУМ «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЛИПСА РАССЕЙВАНИЯ» В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ К ОБУЧЕНИЮ В ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛАХ

Гажулина Анастасия Петровна

кандидат физико-математических наук, gazhulina@phys.unn.ru

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, 23

Аннотация

Предложен практикум по исследованию эллипса рассеивания для различных снарядов с использованием лабораторной установки REME06 «Баллистический маятник», поставляемой ООО «Вектор» в рамках довузовской подготовки к обучению в передовой инженерной школе.

Ключевые слова

Дополнительное образование, довузовская подготовка, передовая инженерная школа, баллистическая траектория, эллипс рассеивания.

WORKSHOP "RESEARCH OF THE SCATTERING ELLIPSE" IN THE FRAMEWORK OF PREPARING STUDENTS FOR TRAINING IN ADVANCED ENGINEERING SCHOOLS

Gazhulina Anastasiia P.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, gazhulina@phys.unn.ru

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 603022 Nizhny Novgorod, Russia 23, Prospekt Gagarina (Gagarin Avenue)

Abstract

A practical course is proposed on the study of the dispersion ellipse for various projectiles using the REME06 "Ballistic Pendulum" laboratory setup supplied by Vector LLC as part of pre-university training for studying at an advanced engineering school.

Keywords

Additional education, pre-university training, advanced engineering school, ballistic trajectory, dispersion ellipse.

Цикл работ физического практикума, ориентированных на довузовскую подготовку школьников к обучению в Передовой инженерной школе, формируется в рамках «Лаборатории физико-технической подготовки абитуриентов» Передовой инженерной школы (ПИШ) ННГУ [10]. Одним из примеров подобного рода практикумов является серия экспериментов, которую можно реализовать с помощью лабораторной установки REME06 [5], поставляемой ООО «Вектор». Эта установка позволяет изучить движение снаряда как тела, брошенного под углом к горизонту, и определить начальную скорость снаряда двумя способами: с помощью метода баллистического маятника [6] и по дальности полета снаряда [1]. Так же в рамках физического практикума на лабораторной установке REME06 можно реализовать и другие исследовательские работы [2].

На рисунке 1 представлена схема экспериментальной установки. При выстреле, который осуществляется с помощью спускового рычага 4, снаряд проходит через

фотодатчик 5, запуская время на таймере 7. Приземление снаряда осуществляется на сенсорную панель 6, сигнал с которой останавливает отсчет времени на таймере 7.



Рисунок 1 — Схема экспериментальной установки (a), пусковое устройство (b)
1 – металлическое основание пускового устройства; 2 – пусковое устройство; 3 – рукоятка взведения; 4 – спусковой рычаг; 5 – фотодатчик; 6 – сенсорная панель; 7 – таймер; 8 – измерительная линейка; 9 – направляющая линейка; 10 – угломерная шкала

Таким образом, принцип регистрации дальности и времени полета при исследовании баллистической траектории с помощью имеющейся установки заключается в попадании снаряда на сенсор. В случае со стальным снарядом такого рода регистрация не представляет сложности. При исследовании движения пластикового снаряда, например, с целью исследования влияния силы сопротивления, точность выстрела оказывается намного ниже, чем у стального, отъюстировать положение сенсора практически невозможно. Поэтому интерес представляет получение и анализ эллипса рассеивания для пластикового снаряда. Знакомство обучающихся с такого рода задачей развивает их кругозор в области инженерной физики. Понятие эллипс рассеивания используется в широком спектре инженерно-технологических задач. Это и исследование характеристик атмосферы [4], установление движения фрагментов ракеты при аварийных запусках [4], определение зоны отчуждения при стрельбах и испытаниях [8], оценка траектории метеороидов по марсианским кластерам [7] и т.п.

На рисунке 2 представлена схема эксперимента. Эксперимент проводился для угла выстрела 45° . На расстоянии l от баллистического пистолета помещался лист масштабной-координатной бумаги, поверх которого укладывалась копировальная бумага, с помощью которой фиксировались места приземления снаряда.

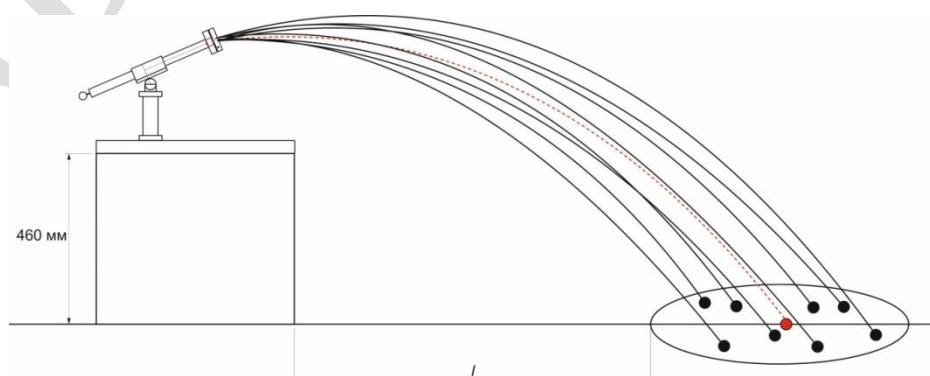


Рисунок 2 — Схема эксперимента по фиксации эллипса рассеивания с указанием снопа траекторий, площади рассеивания, оси рассеивания по дальности

Результат для пластикового снаряда представлен на рисунке 3. Считается, что отклонение каждой точки падения снарядов от центра рассеивания снарядов случайно и может быть представлено как результат действия большого числа факторов, следовательно, рассеивание снарядов можно описать с помощью нормального распределения [3]. Однако, как можно заметить из рисунка 3, распределение следов от пластикового снаряда в продольном направлении обладает сильной асимметрией. Область наиболее частого попадания снарядов смещена из центра эллипса в сторону баллистического пистолета. Чтобы убедиться, что данная картина не является особенностью лабораторной установки, такой же эксперимент был проведен для стального снаряда (рисунок 4).

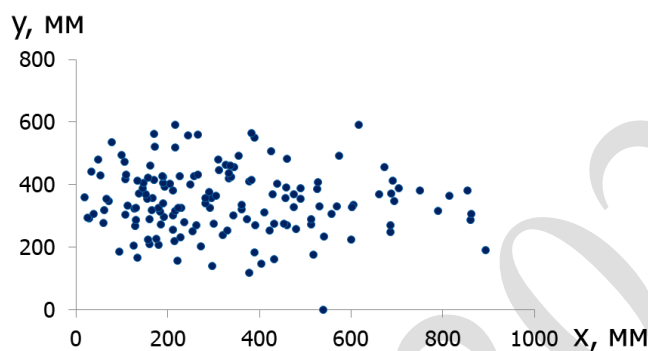


Рисунок 3 — Эллипс рассеивания для пластикового снаряда

Следы, полученные при стрельбе стальным снарядом, распределены более симметрично и компактно.

На рисунках 5 и 6 построены гистограммы распределения следов снарядов в продольном и поперечном направлениях для пластикового и для стального снаряда соответственно.

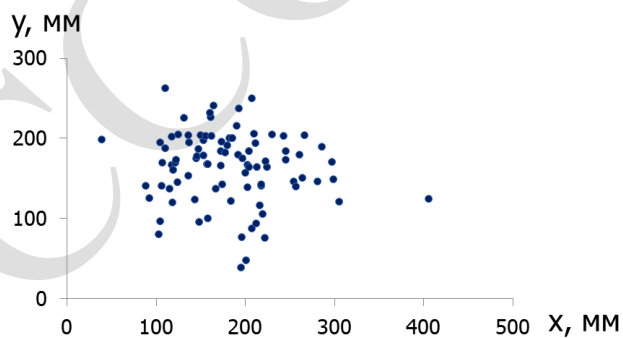


Рисунок 4 — Эллипс рассеивания для стального снаряда

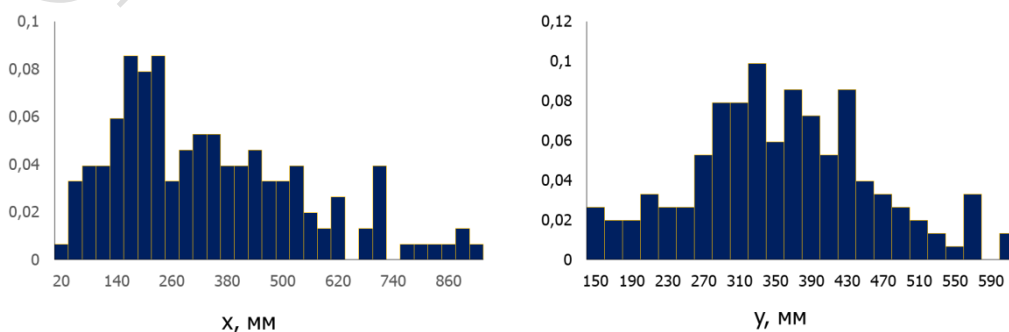


Рисунок 5 — Гистограммы распределения следов пластикового снаряда в продольном (x) и поперечном (y) направлениях

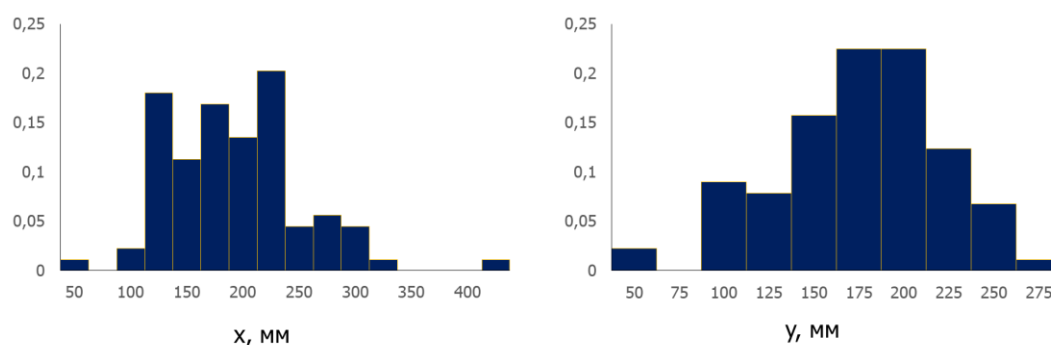


Рисунок 6 — Гистограммы распределения следов стального снаряда в продольном (x) и поперечном (y) направлениях

В таблице 1 приведены основные статистические характеристики полученных распределений.

Таблица 1

Меры центральной тенденции и вариации распределений следов снарядов

Характеристики	Пластиковый снаряд		Стальной снаряд	
	Продольное направление	Поперечное направление	Продольное направление	Поперечное направление
Среднее, мм	326	347	181	165
Минимальное значение, мм	18	1	39	39
Максимальное значение, мм	894	591	406	263
Размах, мм	876	590	367	224
Ассиметрия	0.79	-0.04	0.69	-0.52
Экссесс	-0.001	0.32	1.36	0.3
Медиана, мм	286	341	177	170
Мода, мм	215	307	104	141
Стандартное отклонение (S), мм	205	103	59	44
Первый квартиль, мм	169	278	137	141
Третий квартиль, мм	457	414	213	196
Интерквартильный размах (IQR), мм	288	137	76	55
Центральная тенденция (95 %)	786	405	204	164
Число выстрелов	152		89	
l, мм	3140		3595	

По критерию асимметрии (условие соответствия выборочного распределения нормальному закону по асимметрии – отношение модуля коэффициента асимметрии к стандартному отклонению асимметрии должно быть меньше трех) распределение следов пластикового снаряда в продольном направлении не является нормальным. В поперечном направлении для пластикового снаряда и в обоих направлениях для стального снаряда распределения следов по критериям асимметрии и эксцесса можно считать нормальными.

Для большей наглядности построены диаграммы рассеяния («ящик с усами») (рисунок 7). Видно, что в поперечном направлении и для стального, и для пластикового снарядов распределение – симметричное, в продольном направлении для пластикового снаряда распределение асимметричное, для стального – нет.

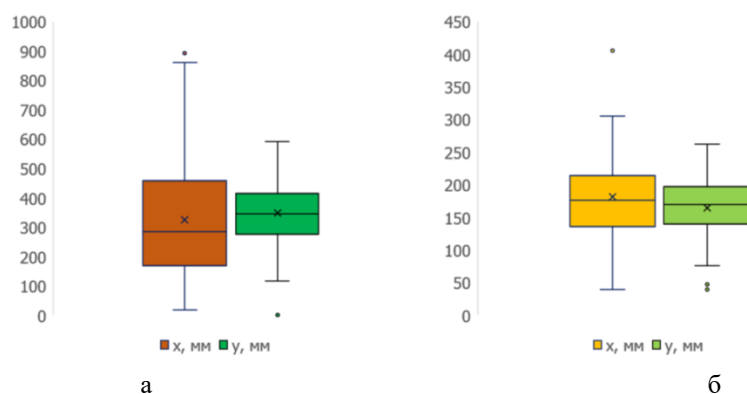


Рисунок 7 — Диаграмма рассеяния («ящик с усами») для пластикового (а) и стального (б) снарядов

На рисунке 8 диаграммы рассеяния построены в одинаковом масштабе для оценки разброса. Синим прямоугольником показан размер сенсора. Можно заметить, что в случае пластикового снаряда только 50 % выстрелов попадут в сенсор, а в случае стального – 95 %. Этим и обуславливалась плохая точность попадания. Такую картину распределения следов для пластикового снаряда можно связать с заметным влиянием сопротивления воздуха на движение пластикового снаряда. Что касается стального снаряда, то основными причинами, вызывающими отклонение траектории стального снаряда от срединной траектории, являются случайные процессы, проходящие внутри баллистического пистолета, в первую очередь, это связано с нажатием на спусковой рычаг, кроме того, при нажатии на спусковой рычаг, может незначительно сместиться установка угла вылета, а также сам пистолет в боковом направлении. Все эти факторы носят случайный характер и дают одинаковый вклад в соответствующие смещения, поэтому распределение следов стального снаряда можно считать поднимающимся нормальному распределению.

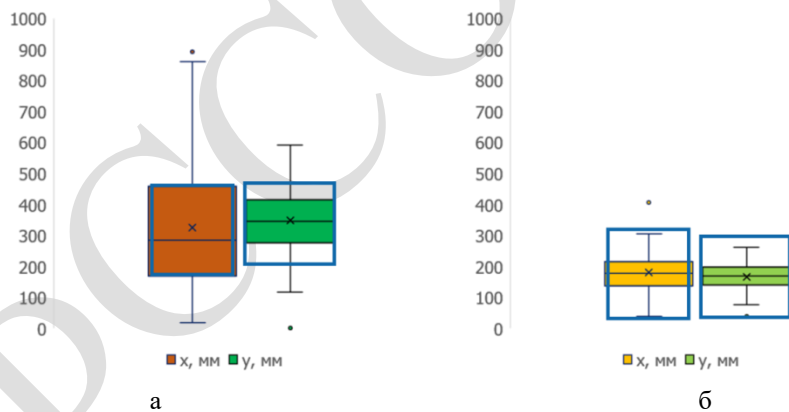


Рисунок 8 — Диаграмма рассеяния («ящик с усами») для пластикового (а) и стального (б) снарядов в одном масштабе с указанием сенсора (синий прямоугольник)

Для стального снаряда с использованием данных таблицы 1 получено уравнение эллипса рассеяния (рисунок 9), ограничивающего площадь наилучшего поражения [9]. Его можно записать следующим образом:

$$\frac{(x - \bar{x})^2}{16 \cdot S_x^2} + \frac{(y - \bar{y})^2}{16 \cdot S_y^2} = 1 \quad (1)$$

где $\bar{x}$, $\bar{y}$ – средние значения координат следов снаряда в продольном и поперечном направлениях соответственно, S_x , S_y – стандартное отклонение координат следов снаряда в продольном и поперечном направлениях соответственно.

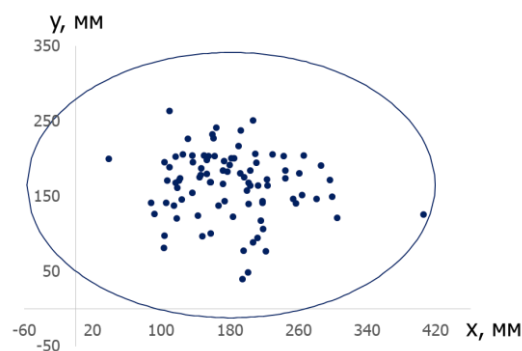


Рисунок 9 — Эллипс рассеяния (1), ограничивающий площадь наилучшего попадания, для стального снаряда

Для пластикового снаряда эллипс (1) не будет ограничивать площадь наилучшего попадания (рисунок 10а). Можно воспользоваться следующим уравнением для построения эллипса рассеивания для пластикового снаряда (рисунок 10б):

$$\frac{\left(x - \frac{\max(x) - \min(x)}{2}\right)^2}{4 \cdot IQR^2} + \frac{(y - \bar{y})^2}{16 \cdot S_y^2} = 1 \quad (2)$$

где $\max(x) - \min(x)$ – размах распределения координат следов пластикового снаряда в продольном направлении, IQR – интерквартильный размах распределения координат следов пластикового снаряда в продольном направлении.

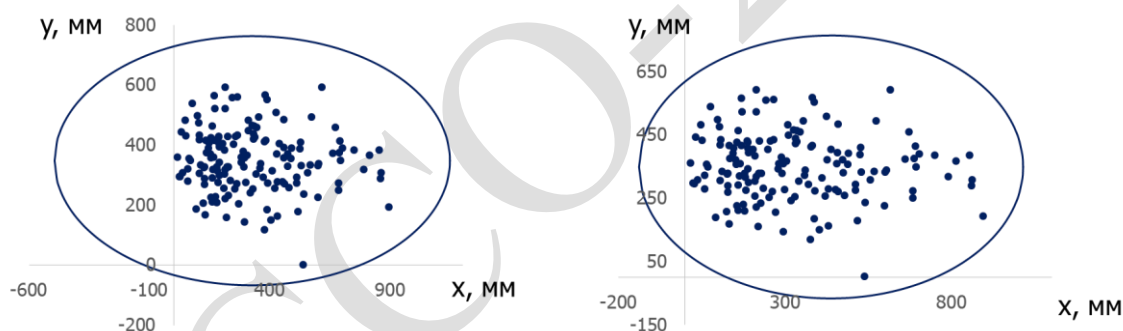


Рисунок 10 — Эллипсы (1) – а и (2) – б для пластикового снаряда

Помимо актуальных инженерных задач, предложенный практикум может помочь в изучении вновь введенного в школьную программу предмета «Вероятность и статистика» [11] через призму практического применения случайных процессов.

Список литературы

1. Гажулина А. П. Движение тела по баллистической траектории / Гажулина А. П., Масленникова Ю. В. // Физика в школе (принята к печати).
2. Гажулина А. П. Серия экспериментов с лабораторной установкой «Баллистический маятник» в рамках довузовской подготовки обучающихся // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 42. – М.: ИСПО РАО, 2025, с. 60-62.
3. Губин С. Г. Эффективность стрельбы из вооружения боевых машин и стрелкового оружия Учеб. пособие. — Новосибирск: Сибирская государственная геодезическая академия (СГГА), 2012. — 158 с. — ISBN: 978-5-87693-566-3.
4. Использование расчетных параметров атмосферы для определения эллипсов рассеяния фрагментов ракет космического назначения / А. А. Борисов, И. А. Готюр, Ю. В. Кулешов [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2017. – № 5. – С. 41-48.

5. Каталог учебно-лабораторных комплектов производства Вектор – URL: https://vector-id.ru/uploadedFiles/files/novyi-katalog_ispravleno-1-.pdf (дата обращения: 15.07.2024). — Текст: электронный.
6. Масленникова Ю. В. «Баллистический маятник» как многоуровневая лабораторная работа / Ю. В. Масленникова, А. П. Гажулина // Физика в школе. – 2025. - № 134-45. – С. 34-45. - DOI 10.47639/0130-5522_2025_1_34
7. Патент на полезную модель № 191886 U1 Российская Федерация, МПК G06F 17/00. Автоматизированное устройство определения зоны отчуждения при стрельбах в районе испытаний : № 2019119299: заявл. 20.06.2019: опубл. 26.08.2019 / А. Г. Шевчик, И. Ю. Еськин, В. Ю. Анисимов [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "КВАРТА ВК".
8. Подобная Е. Д. Оценка траектории метеороидов по марсианским кластерам / Е. Д. Подобная, О. П. Попова, Д. О. Глазачев // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2022. – № 80. – С. 97-107. – DOI 10.17223/19988621/80/9.
9. Полевая реактивная артиллерия в Великой Отечественной войне. На правах рукописи. – М.: 1955. – С. 35,36,61,75.
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 08.04.2022 № 619 "О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ" – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202204110041> (дата обращения: 23.10.2024).
11. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 370 "Об утверждении федеральной образовательной программы основного общего образования" – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307140040> (дата обращения: 23.10.2024).

References

1. Gazhulina A. P. Dvizheniye tela po ballisticheskoy trayektorii Gazhulina A. P., Maslennikova YU. V. // Fizika v shkole (prinyato k pečati).
2. Gazhulina A. P. Seriya eksperimentov s laboratornoy ustanovkoy «Ballisticheskij mayatnik» v ramkakh dovuzovskoy podgotovki obuchayushchikhsya // Problemy fizicheskogo fizicheskogo eksperimenta: Sbornik nauchnykh trudov. Vypusk 42. – М.: ISRO RAO, 2025, s. 60-62.
3. Gubin S. G. Effektivnost' strel'by iz vooruzheniya boyevoy tekhniki i strelkovogo oruzhiya Ucheb. posobiye. — Novosibirsk: Sibirskaya gosudarstvennaya geodezicheskaya akademiya (SGGA), 2012. — 158 s. — ISBN: 978-5-87693-566-3.
4. Ispol'zovaniye raschetnykh parametrov atmosfery dlya opredeleniya ellipsov rasseyaniya fragmentov raket kosmicheskogo naznacheniya / A. A. Borisov, I. A. Gotyur, YU. V. Kuleshov [i dr.] // Meteorologiya i gidrologiya. – 2017. – № 5. – С. 41-48.
5. Каталог учебно-лабораторных комплектов производства Вектор – URL: https://vector-id.ru/uploadedFiles/files/novyi-katalog_ispravleno-1-.pdf (дата обращения: 15.07.2024). — Текст: электронный.
6. Maslennikova YU. V. «Ballisticheskij mayatnik» kak mnogourovnevaya laboratornaya rabota / YU. V. Maslennikova, A. P. Gazhulina // Fizika v shkole. – 2025. № 134-45. – С. 34-45. DOI 10.47639/0130-5522_2025_1_34
7. Patent na poleznuyu model' № 191886 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G06F 17/00. Avtomatizirovannoye opredeleniye zony otchuzhdeniya pri s"yemke v rayone usloviy : № 2019119299 : zayavl. 20.06.2019 : opubl. 26.08.2019 / A. G. Shevchik, I. YU. Yes'kin, V. YU. Anisimov [i dr.] ; zayavitel' Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu "KVARTA VK".
8. Podobnaya Ye. D. Otsenka trayektorii meteoroidov po marsianskim klasteram / Ye. D. Podobnaya, O. P. Popova, D. O. Glazachev // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika. – 2022. – № 80. – С. 97-107. – DOI 10.17223/19988621/80/9.
9. Polevaya reaktivnaya artilleriya v Velikoy Otechestvennoy voyne. Na pravakh rukopisey. – М.: 1955. – С. 35,36,61,75.
10. Postanovleniye razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 08.04.2022 № 619 «O merakh gosudarstvennoy podderzhki programm peredovykh inzhenernykh shkol» – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202204110041> (дата обращения: 23.10.2024).
11. Prikaz Ministerstva prosveshcheniya Rossiyskoy Federatsii ot 18.05.2023 № 370 «Ob utverzhdenii federal'noy obrazovatel'noy programmy osnovnogo obshchego obrazovaniya» – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307140040> (дата обращения: 23.10.2024).

О РОССИЙСКОМ ПЕРВЕНСТВЕ В КУРСЕ ФИЗИКИ КАК СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Герцен Татьяна Анатольевна

кандидат химических наук, доцент, tanger59perm@yandex.ru

Любимова Нина Юрьевна

старший преподаватель, ninalubimova@yandex.ru

Любимова Александра Алексеевна

студент, sashal05@mail.ru

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет,
614990, Российская Федерация, Пермский край, Пермь, Комсомольский просп., д.29

Аннотация

В работе рассматриваются дополнительные возможности поиска путей повышения эффективности патриотического воспитания студентов технического вуза. Особое внимание уделено роли отечественных ученых, в том числе тех, кто работал и работает в Пермском крае, на кафедрах Пермского политехнического университета. Предложена расширенная схема включения патриотической составляющей в курс физики для направлений «Авиационные двигатели» и «Биотехнология».

Ключевые слова

Патриотическое воспитание, Российские ученые и инженеры, технический вуз.

ON THE DEVELOPMENT OF A PRACTICAL CLASSES SCHEME IN PHYSICS AT A TECHNICAL UNIVERSITY

Gertzen Tatiyana A.

PhD in Chemistry sciences, associate professor, tanger59perm@yandex.ru

Lyubimov Nina Yu.

senior lecturer, ninalubimova@yandex.ru

Lyubimova Alexandra A.

student, sashal05@mail.ru

Perm National Research Polytechnic University, 614990, Russian Federation, Perm krai,
Perm, Komsomolsky prospekt, 29

Abstract

The paper considers additional possibilities for finding ways to increase the effectiveness of patriotic education of technical university students. Special attention is paid to the role of Russian scientists, including those who have worked and are working in the Perm Region, at the departments of Perm Polytechnic University. The expanded scheme for including the patriotic component in the physics course for the areas of "Aircraft engines" and "Biotechnology" is proposed.

Keywords

Patriotic education, Russian scientists and engineers, technical university.

С 1 января 2021 года в рамках национального проекта «Образование» принят федеральный проект «Патриотическое воспитание», в котором задано направление на развитие системы патриотического воспитания граждан Российской Федерации и

совершенствование воспитательной работы в образовательных организациях, проведение патриотических мероприятий.

«Патриотизм сегодня выступает в качестве одного из факторов развития общества, составляющих его жизнеспособность. Он служит сближению различных социальных, национальных и религиозных групп соотечественников» [1]. Анализ этой важной задачи - актуальности патриотического воспитания в системе высшего профессионального образования, а также нормативные положения и организационно-педагогические условия рассмотрены в [2], там же обосновывается приоритетность данного направления в системе вузовского образования. Особенно возрастает роль высших учебных заведений в патриотическом воспитании студентов технического вуза, которые являются носителями технических достижений российской науки.

Авторы в [3] указывают на включение идей патриотизма в содержание любого учебного или методического предмета предложены способы эффективного управления деятельностью образовательной организации по патриотическому воспитанию. Несмотря на широкий круг проблем, методов, подходов, нам представляется важным не просто упоминание на лекционных практических, лабораторных занятиях об открытиях и роли ученых, а разработку системного, целенаправленного подхода к развитию патриотической составляющей.

Цель нашей работы состояла в выявлении дополнительных возможностей естественно-научных и технических дисциплин в патриотическом воспитании студентов.

В 1950 году московское издательство «Молодая гвардия» выпустила замечательную научно-популярную книгу (фолиант) «Рассказы о русском первенстве» (Рис.1)

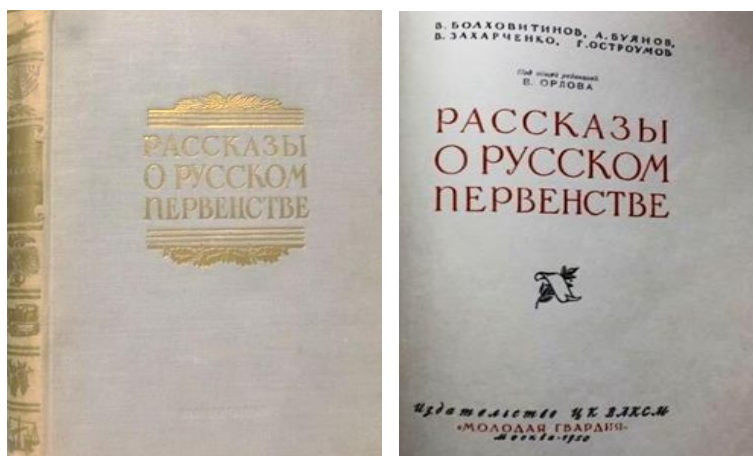


Рисунок 1 — Книга «Рассказы о русском первенстве» (из блога «Популярная библиотека»)

Это издание, наряду с многими другими, особенно по истории развития курса общей физики [4] легло в основу наших работ по развитию патриотической составляющей курса физики в техническом вузе (ПНИПУ). Известно, что большинство великих открытий сделано в России российскими учеными, что служит примером национального патриотизма. При освоении дисциплины (физика) необходимо акцентировать внимание на приоритете отечественных ученых в области науки и техники, превратить это в систему. Так, мы всегда включаем в перечень вопросов к экзаменам, зачетам, семинарам и в экзаменационные билеты задания, связанные с развитием науки и техники именно отечественными учеными и конструкторами. Особое внимание мы обращаем на тех, кто работал и работает в Пермском крае, на кафедрах Пермского политехнического университета. Предложена расширенная схема включения

патриотической составляющей в курс физики для направлений «Авиационные двигатели» и «Биотехнология». Важным для нас является активное сотрудничество с выпускающими кафедрами и производствами. Пермский край – регион с развитой системой производства (машиностроение, горнодобывающая промышленность, химическая и другие), высоким научным, техническим и культурным потенциалом. Экономика страны и края постоянно предъявляет к уровню подготовки специалистов все новые требования, способствующие активному инновационному развитию учебных заведений. Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ) является одним из ведущих вузов края, центром непрерывного образования, культуры, международного общения; занимает активную позицию в информационной и образовательной политике региона. Мы считаем также необходимым активно включать патриотическую составляющую в заочную форму обучения. Студент-заочник – это взрослый самостоятельный человек, как правило, родитель, воспитатель детей, в ряде случаев уже руководитель коллектива, обладает жизненным профессиональным и социальным опытом.

В нашей работе уделено внимание не только техническим и научным аспектам патриотического воспитания, но и отражению патриотизма наших ученых в живописи, скульптуре, музыке. Непременно показываем студентам-химикам картину Б. Кустодиева «Будущие академики» (Рис.2) – Петр Леонидович Капица (физик) и Николай Николаевич Семенов (химик) – Нобелевские лауреаты.



Рисунок 2 — Б. Кустодиев «Будущие академики (открытый доступ)

А студентам направления «Авиадвигатели» всегда бывает интересна картина Т. Е. Ивановой «Начало» (Рис.3)



Рисунок 3 — Экспозиция музея МАИ. Картина Т. Е. Ивановой «Начало» с изображением русского ученого Н. Е. Жуковского с учениками (слева направо) – Б. С. Стечкин, А. А. Архангельский, А. Н. Туполев, Н. Е. Жуковский, Б. Н. Юрьев, Л. Р. Лобанов, Б. И. Россинский на Ходынском поле в 1911 году при испытании самолета ИТУ» (открытый доступ)

В заключение следует отметить, что одним из приоритетных направлений государственной образовательной политики России и проводимых в стране научно-педагогических исследований является фундаментализация высшего технического

образования. От специалистов требуется не просто знание отдельной отрасли науки, а владение целостной системой знаний, чтобы использовать, с одной стороны, все достижения научно-технического прогресса и исключить, с другой стороны, разрушительные последствия их неумелого использования. Именно патриотизм отечественных ученых и патриотическое воспитание будущих специалистов является фундаментом инженерной деятельности как интегративного процесса.

Список литературы

1. Цаплина С. П. Состояние и перспективы патриотического воспитания молодежи в современной России / С. П. Цаплина. // Символ науки. – 2021. – № 12-2. – С. 67–68.
2. Сенатор С. Ю., Сокольникова Э. И., Емельянова М. В. Анализ современных подходов к реализации патриотического воспитания как составляющей высшего образования // Педагогика и психология образования. 2023. № 4. С. 123–136. DOI: 10.31862/2500-297X-2023-4- 123-136.
3. Воистинова Г. Х., Фролова У. М. О патриотическом воспитании студентов // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 1.
4. Взоррв Н. Н., Хангулян Е. В. // История развития курса общей физики конец XIX — начало веков: материалы XVII Международной конференции «Физика в системе современного образования», Санкт-Петербург, 27-30 июня 2023 года / Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена – 2023 – С. 303-306

References

1. Tsaplina S. P. The state and prospects of patriotic education of youth in modern Russia / S. P. Tsaplina. – Text : the direct // Symbol of science. - 2021. – No. 12-2. – pp. 67-68.
2. Senator S. Yu., Sokolnikova E. I., Yemelyanova M. V. Analysis of modern approaches to the implementation of patriotic education as a component of higher education // Pedagogy and psychology of education. 2023. No. 4. pp. 123-136. DOI: 10.31862/2500-297X-2023-4- 123-136 .
3. Voistinova G. H., Frolova U. M. On the patriotic education of students // Modern problems of science and education. 2023. № 1.
4. Vzorrv N. N., Hangulyan E. V. // History of the development of the general physics course at the end of the XIX — beginning of the centuries: proceedings of the XVII International Conference "Physics in the modern education system", St. Petersburg, June 27-30, 2023 / Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen – 2023 – pp. 303-306

РОЛЬ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРЕДПРОФИЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ ШКОЛЬНИКОВ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРИИ

Дятлов Денис Сергеевич

аспирант, i@obr52.ru

Лебедева Ольга Васильевна

доктор педагогических наук, профессор, lebedeva@phys.unn.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 603022, Российская Федерация, Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

Аннотация

Статья посвящена предпрофильной подготовке школьников в области физики и инженерии. Рассматриваются факторы, влияющие на выбор профессии: когнитивные предпочтения, интерес к предметам, квалификация педагогов, материальная база и возможности технического творчества, анализируется роль базового образования. Авторами определяется роль предпрофильной подготовки в формировании интереса к физике и инженерии, выявляются ограничения традиционной системы, а также рассматривается перспективы сетевого взаимодействия с образовательными учреждениями разных уровней и работодателями, ориентированного на профориентацию учащихся 8-9 и 10-11 классов. В статье анализируется ориентация работодателей на студентов старших курсов и подчеркивается важность ранней профориентации. Авторами раскрываются особенности сетевого взаимодействия школ и учреждений дополнительного образования. Представлен пример сотрудничества школы с IT-кубом для расширения возможностей школьников в области физики и инженерии с преимуществами и вызовами. Описывается создание синергетического эффекта от интеграции ресурсов и реализации совместных мероприятий. Статья описывает этап разработки совместных образовательных программ в рамках сетевого взаимодействия школы и IT-куба. Созданы дополнительные общеобразовательные программы «Робототехника. Механика» (7 класс) и «Электроника и схемотехника» (8 класс) с углубленным изучением физики и технического творчества. Описываются границы взаимодействия образовательных организаций в рамках реализации сетевых программ. Представлены индикаторы оценки эффективности программ сетевого взаимодействия, проведен анализ по предложенным критериям. Экспериментальные группы показали улучшение результатов по физике. Делается вывод о перспективности сетевого взаимодействия для предпрофильной подготовки и предлагается масштабирование опыта.

Ключевые слова

IT-куб, инженерия, образовательные программы, эффективность, предпрофильная подготовка, профориентация, сетевое взаимодействие, школа, физика.

THE ROLE OF NETWORKING IN THE PRE-PROFESSIONAL TRAINING OF SCHOOLCHILDREN IN THE FIELD OF PHYSICS AND ENGINEERING

Dyatlov Denis S.

PhD student, i@obr52.ru

Lebedeva Olga V.

Dr.hab. pedagogical sciences, professor, lebedeva@phys.unn.ru

Nizhny Novgorod State University, 603022, Russian Federation, Nizhniy Novgorod, Gagarin avenue, 23

Abstract

The article is devoted to the pre-professional training of schoolchildren in the field of physics and engineering. The factors influencing the choice of profession are considered.: cognitive preferences, interest in subjects, teacher qualifications, material base and possibilities of technical creativity, the role of basic education is analyzed. The authors define the role of pre-professional training in the formation of interest in physics and engineering, identify the limitations of the traditional system, and consider the prospects for networking with educational institutions of different levels and employers, focused on career guidance for students in grades 8-9 and 10-11. The article analyzes the orientation of employers towards undergraduates and emphasizes the importance of early career guidance. The authors reveal the features of network interaction between schools and institutions of additional education. An example of a school's collaboration with an IT cube is presented to empower students in the fields of physics and engineering with advantages and challenges. It describes the creation of a synergistic effect from the integration of resources and the implementation of joint activities. The article describes the stage of developing joint educational programs within the framework of the school and IT cube networking. Additional general education programs "Robotics. Mechanics" (grade 7) and "Electronics and Circuit Engineering" (grade 8) with advanced study of physics and technical creativity. The boundaries of the interaction of educational organizations within the framework of the implementation of network programs are described. Indicators for evaluating the effectiveness of networking programs are presented, and an analysis is carried out according to the proposed criteria. The experimental groups showed improved results in physics. It is concluded that networking is promising for pre-professional training and experience scaling is proposed.

Keywords

IT cube, engineering, educational programs, performance, pre-professional training, career guidance, networking, school, physics.

В современном мире, характеризующимся стремительным развитием технологий и инноваций, подготовка высококвалифицированных кадров в области физики и инженерии приобретает стратегическое значение. [1] Эффективность предпрофильной подготовки в рамках базового учебного плана общеобразовательной организации, направленной на содействие осознанному профессиональному самоопределению школьников, детерминируется целым рядом взаимосвязанных факторов, требующих комплексного анализа и учета. Необходимо принимать во внимание когнитивные предпочтения обучающихся, которые могут склоняться в сторону гуманитарных или технических дисциплин. Данные предпочтения обусловлены индивидуальными психологическими особенностями, формирующими устойчивый интерес к определенным областям знания и, оказывающими существенное влияние на выбор будущей профессиональной траектории. Вариативность степени заинтересованности в освоении отдельных учебных предметов также является важным аспектом, поскольку увлеченность конкретной дисциплиной стимулирует более глубокое ее изучение и развитие соответствующих компетенций.

Наряду с индивидуальными факторами, существенное значение имеет квалификационный уровень педагогического состава, поскольку именно от профессионализма и компетентности учителя зависит качество преподавания и способность заинтересовать учеников в изучаемом предмете. Не менее важна и развитость материально-технической базы образовательной организации, наличие современного оборудования и специализированных лабораторий, позволяющих проводить практические занятия и осуществлять исследовательскую деятельность, что

особенно актуально для формирования инженерного мышления. Степень вовлеченности обучающихся в различные формы технического творчества, такие как конструирование, моделирование и участие в научно-технических конкурсах, также играет значительную роль в развитии интереса к инженерным профессиям и формировании необходимых навыков.

Следует подчеркнуть, что на этапе получения основного общего образования, который является ключевым для формирования базовых знаний и умений, предметы, традиционно считающиеся основой для инженерного образования, такие как математика, физика, химия, информатика и технология, преподаются в общеобразовательной школе преимущественно на базовом уровне для контингента обучающихся, составляющего в среднем 25 человек на класс в городской местности. Данный факт, с одной стороны, обеспечивает всем обучающимся равные возможности для освоения необходимых знаний, однако, с другой стороны, потенциально нивелирует различия в возможностях профессионального выбора между сферами гуманитарных и технических наук, поскольку не позволяет в достаточной степени углубиться в изучение предметов, необходимых для успешной карьеры в инженерии. Таким образом, для эффективной реализации предпрофильной подготовки необходимо учитывать как индивидуальные особенности обучающихся, так и особенности организации образовательного процесса на уровне основного общего образования.

Предпрофильная подготовка школьников выступает одним из важнейших этапов в процессе формирования устойчивого интереса к физике и инженерным дисциплинам, а также в развитии у учащихся ключевых компетенций, необходимых для успешной профессиональной деятельности в этих областях. Именно на данном этапе закладываются основы для осознанного выбора будущей специальности и создаются условия для развития способностей и талантов, необходимых для успешной карьеры в научно-технической сфере. Эффективная предпрофильная подготовка позволяет школьникам получить представление о современных достижениях в области физики и инженерии, познакомиться с различными направлениями инженерной деятельности, а также приобрести практические навыки, необходимые для решения реальных инженерных задач.

Вместе с тем, обеспечение результативности предпрофильной подготовки предполагает необходимость интеграции ресурсов и консолидации усилий, предпринимаемых различными институтами образовательной системы. Целесообразно рассмотреть варианты сетевого взаимодействия с организациями, реализующими образовательные программы различных уровней, а также с представителями работодательского сообщества. Учреждения, реализующие программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих и специалистов среднего звена, проявляют наибольшую заинтересованность в профориентационной работе с обучающимися преимущественно 8-9 классов. Данная категория учащихся представляет особый интерес в силу более близкой перспективы их привлечения в качестве абитуриентов соответствующих техникумов или колледжей. Аналогичная тенденция наблюдается и при взаимодействии с учреждениями высшего профессионального образования, для которых приоритетной аудиторией являются обучающиеся 10-11 классов, поскольку к этому периоду времени школьники, как правило, уже определились с направлением своей образовательной траектории и осуществляют обучение либо в общеобразовательном, либо в профильном классе. В свою очередь, работодатели, в большей степени ориентированы на взаимодействие со студентами среднего и высшего профессионального образования, достигшими экватора обучения. Данная ситуация обусловлена тем, что потребность в квалифицированных кадрах у работодателей носит актуальный характер, в то время как инвестиции в учащихся общеобразовательных школ, находящихся на этапе получения основного общего образования, не

представляются им привлекательными ввиду отсроченного и неопределенного характера потенциального эффекта от такого взаимодействия.

Тем не менее, необходимость ранней профессиональной ориентации обучающихся подчеркивается рядом современных образовательных инициатив. В качестве примера можно привести федеральный проект ранней профориентации «Билет в будущее», ориентированный на вовлечение школьников, начиная с 6 класса, в мероприятия, способствующие формированию осознанного выбора будущей профессии. Представляется целесообразным осуществлять сопровождение обучающихся в различных профессиональных сферах, начиная с момента дифференциации интегрированного предмета «естествознание» на отдельные дисциплины естественнонаучного цикла, такие как биология, физика, химия и другие. В данном контексте, сетевое взаимодействие между общеобразовательными учреждениями и организациями дополнительного образования представляется перспективным подходом, позволяющим расширить возможности для школьников в области физики и инженерии на всех этапах обучения в школе. Сетевое взаимодействие обеспечивает ряд преимуществ для всех участников образовательного процесса. Для учащихся это расширение доступа к современному оборудованию и технологиям, применяемым в физических и инженерных исследованиях, возможность участвовать в научно-исследовательских и инженерных проектах под руководством опытных наставников, развитие навыков, необходимых для успешной работы в команде и решения сложных задач, а также формирование профессиональной ориентации и осознанного выбора будущей профессии. Для школ это расширение спектра образовательных услуг, повышение квалификации педагогического состава, привлечение дополнительных ресурсов для реализации предпрофильной подготовки, а также улучшение имиджа школы и повышение её конкурентоспособности. Для организаций дополнительного образования это расширение аудитории учащихся и повышение востребованности образовательных программ, укрепление связей с общеобразовательной системой и содействие реализации государственной политики в сфере образования. Несмотря на очевидные преимущества всех участников сетевого образовательного процесса, сетевое взаимодействие сталкивается с рядом вызовов, среди которых: недостаточное финансирование и отсутствие нормативной базы, регулирующей сетевое взаимодействие, сложность координации работы различных образовательных организаций, различия в подходах к обучению и оценке результатов и недостаточная мотивация педагогов к участию в сетевых проектах. Для успешного развития сетевого взаимодействия необходимо решить указанные проблемы и создать благоприятные условия для сотрудничества между школами и учреждениями дополнительного образования. Важным шагом является разработка нормативной базы, определяющей права и обязанности участников сетевого взаимодействия, а также механизмы финансирования сетевых проектов. Необходимо также обеспечить повышение квалификации педагогов, способных эффективно работать в сетевой среде.

В целях практической апробации данной концепции было принято решение о создании системы сетевого взаимодействия между общеобразовательной школой, реализующей в старших классах профильную подготовку по технологическому профилю, ориентированную на подготовку кадров для ОАО «РЖД», и организацией дополнительного образования – Центром цифрового образования детей «IT-куб». Стоит упомянуть, что IT-куб – это центр, созданный в рамках реализации национального проекта «Образование», функционирующий на территории городского округа город Арзамас Нижегородской области с 2020 года, постоянно совершенствующий компетенции своих педагогических сотрудников и обновляющий материально-техническое оснащение на более, чем 3 млн. рублей ежегодно. Центр обладает уникальными ресурсами для реализации предпрофильной подготовки. Предлагают

современные лаборатории, высокотехнологичное оборудование, а также квалифицированных педагогов, имеющих опыт работы в научно-технической сфере. [3]

Однако, учебный процесс в учреждении дополнительного образования в большинстве случаев оторван от школьной программы, что затрудняет интеграцию полученных знаний и навыков в единую систему. Кроме того, доступность организаций дополнительного образования для школьников может быть ограничена территориально или финансово. В этой связи, сетевое взаимодействие между школами и учреждениями дополнительного образования позволяет преодолеть указанные ограничения и создать единую образовательную среду, обеспечивающую качественную предпрофильную подготовку школьников в области физики и инженерии. Таким образом одновременно решается проблема с финансированием и недостаточной квалификацией педагогов в рамках сетевого взаимодействия между обозначенными организациями. Обозначенная система сетевого взаимодействия была направлена на создание синергетического эффекта, объединяющего ресурсы и компетенции обеих организаций для обеспечения более качественной и углубленной предпрофильной подготовки школьников в области инженерных и технических наук. Целью являлось не просто расширение доступа к современному оборудованию и технологиям, но и формирование у учащихся целостного представления о профессиональной деятельности в сфере железнодорожного транспорта, а также развитие у них практических навыков, необходимых для решения реальных производственных задач.

Для достижения поставленной цели был проведен тщательный анализ потребностей учащихся школы, а также оценка имеющихся ресурсов и возможностей обеих организаций. Это позволило выявить приоритетные направления сотрудничества и определить оптимальные формы интеграции деятельности образовательных организаций. На основе проведенного анализа был разработан комплекс мероприятий, начавшийся с подписания соглашения о сетевом взаимодействии. В его рамках в качестве сферы взаимодействия были определены предпрофильная подготовка, развитие технического творчества, повышение квалификации педагогов и т.д., четко сформулированы цель и задачи сотрудничества, включающие в себя повышение качества образования, расширение возможностей для учащихся, подготовка учащихся 7-9 классов к обучению в профильных старших классах технологической направленности, развитие инженерного мышления. Также в данном сетевом соглашении были закреплены принципы, на которых строится сотрудничество (добровольность, равноправие, взаимная выгода, открытость, прозрачность, соблюдение законодательства), обозначен перечень нормативных документов, регламентирующих деятельность сторон и сетевое взаимодействие в сфере образования (федеральные законы, приказы Министерства просвещения, региональные нормативные акты, уставные документы сторон), отражены права и обязанности школы и ИТ-куба., формы и направления сотрудничества, порядок разрешения споров, срок действия соглашения, а также порядок его расторжения. Тщательно, заблаговременно разработанное, правильно оформленное и подписанное заинтересованными сторонами соглашение о сетевом взаимодействии является важным инструментом, обеспечивающим успешное и эффективное сотрудничество между школой и учреждением дополнительного образования в интересах учащихся.

Следующим этапом сетевого взаимодействия стала разработка совместных образовательных программ и корректировка учебного плана организации дополнительного образования. Последнее в общеобразовательной организации невозможным и это является одним из ограничивающих факторов в рамках реализации сетевого взаимодействия. Дополнительные общеобразовательные общеразвивающие программы технической направленности были разработаны совместно педагогами дополнительного образования, методистами ИТ-куба и школьным учителем физики. По

каждой программе предполагалось по одной учебной группе по 12 человек. Число человек в группе связано с имеющимся специализированным оборудованием согласно с Методическими рекомендациями по открытию и функционированию Центров цифрового образования детей «ИТ-куб». Такое количество обучающихся позволяет быстро реагировать педагогу на вопросы каждого из учеников и реализовывать более индивидуальную траекторию, чем в случае с классом в 25 человек.

Для 7 класса в 2024/2025 учебном году была запущена программа «Робототехника. Механика», для 8 класса – «Электроника и схемотехника». Данные программы направлены на углубленное изучение физики, математики, информатики и технологии, а также на развитие инженерного мышления и конструкторских навыков. Они реализуются в течение одного учебного года, включающего в себя 36 учебных недель общим объемом 144 часа каждая, что составляет в эквиваленте 4 педагогических часа в течение 2 дней в неделю. Педагоги дополнительного образования Центра цифрового образования детей «ИТ-куб», реализующие данные программы, имеют высшее техническое образование и прошли необходимый курс профессиональной переподготовки по специальности «педагог дополнительного образования детей и взрослых», стаж работы в образовательной организации на момент начала реализации программ 4 года, высшую педагогическую категорию.

Данная стратегия обладает долгосрочным потенциалом, поскольку предполагает, что обучающиеся 7 классов, успешно освоившие дополнительную общеобразовательную общеразвивающую программу «Робототехника. Механика», в 8 классе перейдут к изучению программы «Электроника и схемотехника», тем самым завершая этап ознакомительной предпрофильной подготовки. Для учащихся 9 класса, с целью углубленной предпрофильной подготовки по физике, в настоящее время разрабатывается программа «Моделирование физических процессов», включающая модули «Инструменты компьютерного моделирования», «Моделирование механических процессов», «Моделирование электромагнитных процессов» и «Проектная деятельность». В рамках реализации данной программы планируется осуществление моделирования и практического изучения с использованием специализированных программных комплексов таких физических явлений и процессов, как движение тела под действием гравитации, колебательные процессы, столкновения тел, взаимодействие связанных тел, процессы теплопередачи, фазовые переходы, функционирование тепловых двигателей, формирование электростатических и магнитных полей, а также распространение электромагнитных волн. Модуль «Проектная деятельность» позволит обучающимся углубиться в выбранную тематику и реализовать индивидуальный или групповой проект, в зависимости от сложности поставленной задачи. При проектировании данной программы учитывается повышенная учебная нагрузка учащихся 9 классов, связанная с подготовкой к государственной итоговой аттестации и дополнительными занятиями. В связи с этим общая трудоемкость программы составит 72 академических часа в течение учебного года, что соответствует 2 академическим часам в неделю. Педагог, реализующий программу «Моделирование физических процессов», обладает высшим техническим образованием, пятилетним опытом работы в образовательных организациях, успешно завершил программы профессиональной переподготовки «Педагог дополнительного образования детей и взрослых» и «Теория и методика преподавания физики в образовательной организации», а также является сертифицированным специалистом компаний Яндекс и Samsung, владеющим несколькими языками программирования (Java, Python, Kotlin, C++, и др.). Это обеспечит возможность ознакомления обучающихся с базовыми навыками программирования, в том числе блочного, и позволит закрепить знания, полученные при изучении школьного курса физики. В данном контексте прослеживаются метапредметные связи физики с информатикой.

В качестве ключевых индикаторов оценки эффективности реализации дополнительных образовательных программ целесообразно рассматривать: процент сохранности контингента обучающихся, степень участия в научно-практических конференциях и конкурсах технической направленности различного уровня, динамику освоения программы, определяемую на основе сопоставления результатов промежуточной и итоговой аттестаций с данными входящей диагностики (низкий, средний, высокий уровни). Важным аспектом также является мониторинг динамики успеваемости обучающихся по физике в рамках освоения школьной программы, в частности, анализ результатов контрольных работ. В ходе реализации программ в течение одного полугодия было установлено, что уровень сохранности контингента по программе «Робототехника. Механика» составил 100 %, а по программе «Электроника и схемотехника» – 91,7 %, что свидетельствует о проявленной заинтересованности обучающихся в данных направлениях. Тем не менее, в группе, занимающейся по программе «Электроника и схемотехника», на последней учебной неделе первого полугодия произошло отчисление одного обучающегося по собственному желанию. Анализ причин данного решения, выявил, что причиной послужило физическое и эмоциональное переутомление, приводившее к дефициту времени на выполнение домашних заданий и снижению концентрации внимания на учебных занятиях, что, в свою очередь, негативно сказалось на мотивации к занятиям в учреждении дополнительного образования. Сравнение результатов промежуточной аттестации с данными входящей диагностики показало значительное снижение доли обучающихся, демонстрирующих «низкий уровень» освоения программы, и увеличение доли обучающихся, достигших «среднего уровня», в то время как доля обучающихся, освоивших программу на «высоком уровне», осталась неизменной. Сравнение среднего балла за контрольные работы по физике показало, что у обучающихся 7 класса, посещающих занятия в IT-кубе, данный показатель выше на 0,19 балла, чем у семиклассников из контрольной группы, а у обучающихся 8 класса из экспериментальной группы средний балл выше на 0,22 балла по сравнению с представителями контрольной группы восьмого класса.

Реализация вышеуказанных этапов позволила создать прочную основу для эффективного сетевого взаимодействия между общеобразовательной школой и Центром цифрового образования детей «IT-куб», обеспечивающую синергетический эффект и способствующую достижению поставленных целей в области предпрофильной подготовки школьников в сфере инженерных и технических наук. Оно позволило расширить доступ к современному оборудованию и технологиям, привлечь квалифицированных педагогов, а также сформировать у школьников интерес к научно-технической деятельности и осознанный выбор будущей профессии.

Список литературы

1. Концепция технологического развития на период до 2030 года (Утверждена Правительством РФ).
2. Иванов И. И. Проблемы предпрофильной подготовки школьников в области физики // Педагогика. – 2020. – № 5. – С. 45-52.
3. Петров П. П. Роль дополнительного образования в развитии научно-технического творчества школьников // Образование и наука. – 2021. – № 3. – С. 67-74.

References

1. The concept of technological development for the period up to 2030 (Approved by the Government of the Russian Federation).
2. Ivanov I. I. Problems of pre-professional training of schoolchildren in the field of physics // Pedagogy. 2020. No. 5. pp. 45-52.
3. Petrov P. P. The role of additional education in the development of scientific and technical creativity of schoolchildren // Education and Science. - 2021. – No. 3. – pp. 67-74.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА» ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ ПОЖАРНО- ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

Егорова Наталья И.

кандидат физико-математических наук, доцент, enat99@yandex.ru

Медведева Людмила В.

доктор педагогических наук, профессор, luvlmed@mail.ru

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 196105, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский пр. д.149

Аннотация

В Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России на кафедре физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности проводится системная работа по созданию и совершенствованию авторской электронной образовательной среды дисциплины «Физика». С целью повышения качества естественнонаучной подготовки инженерных кадров в области пожарной безопасности, техносферной безопасности, инженерно-технической экспертизы, системного анализа и управления в организационно-технических системах лабораторно-практические занятия в учебном курсе дисциплины «Физика» проводятся в натурной лаборатории физики и компьютерном классе. На каждом следующем лабораторно-практическом занятии в обязательном порядке осуществляется ротация подгрупп. Сотрудники кафедры используют авторские подходы к разработке виртуальных лабораторных работ: имитация работы физических приборов; моделирование виртуальной лабораторной установки; вывод на экран графических зависимостей. Циклы натурных и виртуальных работ синхронизированы по учебным разделам курса общей физики, но парк виртуальных работ значительно превосходит парк натурных работ, что позволяет углубить изучение будущими инженерами естественнонаучных знаний. Сотрудниками кафедры получены патенты, внедрены и успешно апробированы в образовательном процессе порядка 20 программных продуктов по разделам учебного курса дисциплины «Физика»: механика, электричество, магнетизм, колебания, волновая оптика, молекулярная физика, термодинамика, квантовая физика. В качестве среды для разработки виртуального лабораторного комплекса в начале работы был выбран офисный пакет MS Office. В программе PowerPoint выполнена общая оболочка комплекса для запуска работ. Программа Excel позволила с помощью встроенных функций, макросов и языка программирования VBA (Visual Basic Application) создавать виртуальные лабораторные работы, их графическое сопровождение, анимированное моделирование приборов и визуализацию лабораторных установок. В последние два года прекращена поддержка данного программного обеспечения. Для дальнейшей разработки виртуального лабораторного комплекса был выбран офисный пакет LibreOffice.

Ключевые слова

Инженеры пожарно-технического профиля, электронная образовательная среда, качество естественнонаучной подготовки.

DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC EDUCATIONAL ENVIRONMENT FOR THE DISCIPLINE OF PHYSICS FOR TRAINING ENGINEERS OF FIRE-TECHNICAL PROFILES

Egorova Natalia I.

Candidate of physical and mathematical sciences, Associate Professor,
enat99@yandex.ru

Medvedeva Ludmila V.

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, luvlmed@mail.ru

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, 196105, Russia, Saint-Petersburg, Moskovskiy pr., 149

Abstract

The Department of Physical and Technical Foundations of Fire Safety of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia is carrying out systematic work to develop and improve the original electronic educational environment for the discipline of physics. Laboratory and practical classes for the discipline of physics are conducted in a natural physics laboratory and a computer class in order to improve the quality of natural science training of engineering personnel in the field of fire safety, technosphere safety, engineering and technical expertise, systems analysis and management in organizational and technical systems. Rotation of subgroups is mandatory at each subsequent laboratory practical session. The original approaches are used by the department staff to develop virtual laboratory work: physical devices operation imitation; virtual laboratory setup modeling; display of graphical dependencies on the screen. The cycles of natural and virtual works are synchronized across the educational sections of the general physics course, but the range of virtual works significantly exceeds the range of natural works, which allows future engineers to extend their study of natural science knowledge. The department staff has received patents, implemented and successfully tested about 20 software products in the educational process in sections of the course of the discipline of physics: mechanics, electricity, magnetism, oscillations, wave optics, molecular physics, thermodynamics, quantum physics. At the beginning of the work, the "MS Office" package was chosen as the environment for developing the virtual laboratory complex. The general shell of the complex for launching work has been created in the PowerPoint program. Using built-in functions, macros, and the Visual Basic Application programming language of the Excel program made it possible to create virtual laboratory work, their graphic support, animated modeling of devices, and visualization of laboratory setups. Unfortunately, support for this software has been discontinued in the last two years. The LibreOffice package was chosen for the further development of the virtual laboratory complex.

Keywords

Fire-technical engineers, electronic educational environment, quality of natural science training.

С 2015 года в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России началась системная разработка электронной образовательной среды дисциплины «Физика» [8] с целью повышения качества естественнонаучной подготовки инженерных кадров в области пожарной безопасности, техносферной безопасности, инженерно-технической экспертизы, системного анализа и управления в организационно-технических системах.

Главной задачей разработки электронной образовательной среды фундаментальной дисциплины являлась задача синхронизации темпов развития цифровых технологий и процесса разработки дидактической базы электронной

образовательной среды [1, 10]. Такой подход позволил использовать преимущества компьютера и избежать негативного влияния цифровизации на формирование личности будущих специалистов пожарно-технических профилей, их социальную компетентность, гражданскую позицию и нравственный облик.

В настоящее время сотрудниками кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности получены патенты, внедрены и успешно апробированы в образовательном процессе дисциплины «Физика» порядка 20 программных продуктов [2 – 7], которые позволяют проводить виртуальные лабораторные работы по всем разделам учебного курса дисциплины «Физика»: механика, электричество, магнетизм, колебания, волновая оптика, молекулярная физика, термодинамика, квантовая физика.

Следует отметить, что в университете ГПС МЧС России в учебном курсе дисциплины «Физика» проводятся лабораторно-практические занятия в двух аудиториях двумя преподавателями по подгруппам. Одна аудитория является натурной лабораторией физики, а другая аудитория является компьютерным классом, в котором обучающиеся индивидуально выполняют виртуальный лабораторный эксперимент. На каждом следующем учебном занятии осуществляется обязательная ротация подгрупп.

Некоторые натурные лабораторные работы были продублированы в электронной среде, но при этом каждая виртуальная работа имеет около 15 вариантов (за счет изменения параметров установки). При таком подходе обучающиеся получают возможность личного сравнения учебной работы с компьютером и работы с приборами. Спектр виртуальных работ в настоящее время шире, чем в натурной лаборатории, что позволяет обучающимся углубить изучение физических явлений и процессов. В случае невозможности установки натурной лаборатории или в режиме дистанционного обучения разработанный виртуальный лабораторный комплекс адаптируется в цифровую среду университета, что позволяет проводить дистанционно лабораторные работы.

Основными подходами к разработке авторских виртуальных лабораторных работ являются:

- 1) **Имитация работы физических приборов.**
- 2) **Моделирование виртуальной лабораторной установки.**
- 3) **Вывод на экран графических зависимостей физических величин.**

Рассмотрим отличительные особенности указанных подходов.

Имитация работы физических приборов

Методами программирования имитируются показания приборов, обладающих дополнительной подвижной шкалой, таких как, микрометр и штангенциркуль, часто используемых в работах по разделу «Механика» [6]. Для этого на экране отображается в стационарном положении основная шкала прибора и относительно нее при нажатии кнопки «Измерить» меняется положение вспомогательной шкалы и ее штрихов, рис. 1. Интервал получаемых значений задается заранее программными методами так, чтобы при повторных измерениях набиралась некоторая систематическая ошибка. Пример изображения двух последовательных показаний микрометра при измерении диаметра цилиндра продемонстрирован на рисунке 1, при нажатии кнопки «Измерить» немного сдвигается вертикальная шкала. Такой подход позволяет не только познакомить обучающихся с работой микрометра или штангенциркуля, но и оценить погрешности измерений.

Показания цифровых приборов, таких как амперметр и вольтметр, рассчитываются в рабочих таблицах на отдельном листе или программными методами в макросах и выводятся на экран в соответствующей области экрана. Показания секундомера с отображением отсчета времени рассчитываются и выводятся на экран только программными методами за счет использования макросов. (В программах LibreCalc и

MS Office Excel отсутствует встроенный секундомер.) Пример вывода показаний цифровых приборов на экран показан на рисунке 2. Представленная на данном рисунке работа [5] используется при изучении раздела «Электричество» и позволяет изучить зависимость значений электрического тока и напряжения от времени в процессе разряда конденсатора.

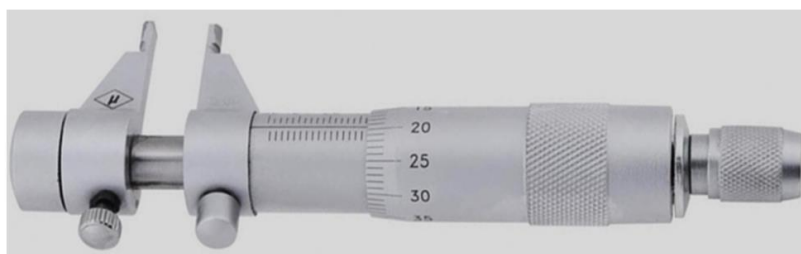
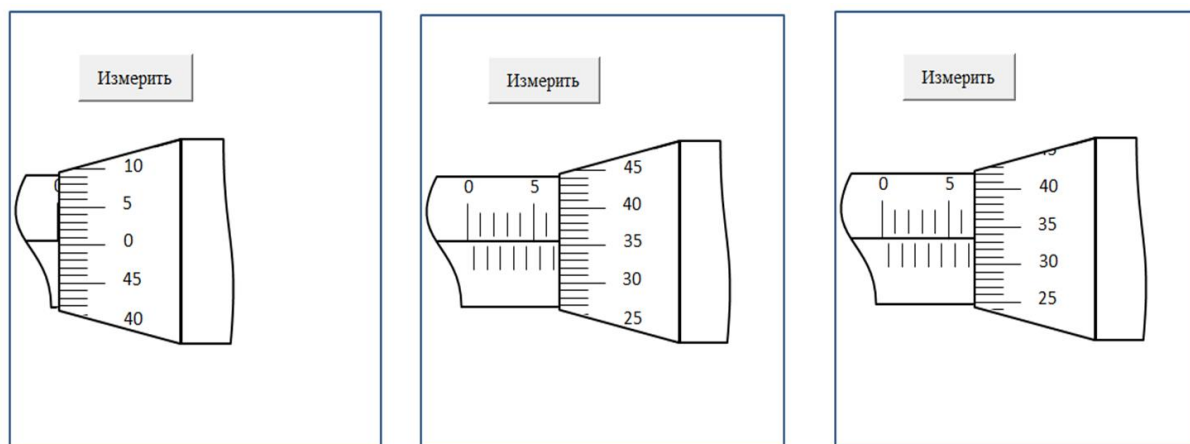


Рисунок 1 — Иллюстрация изображения работы микрометра

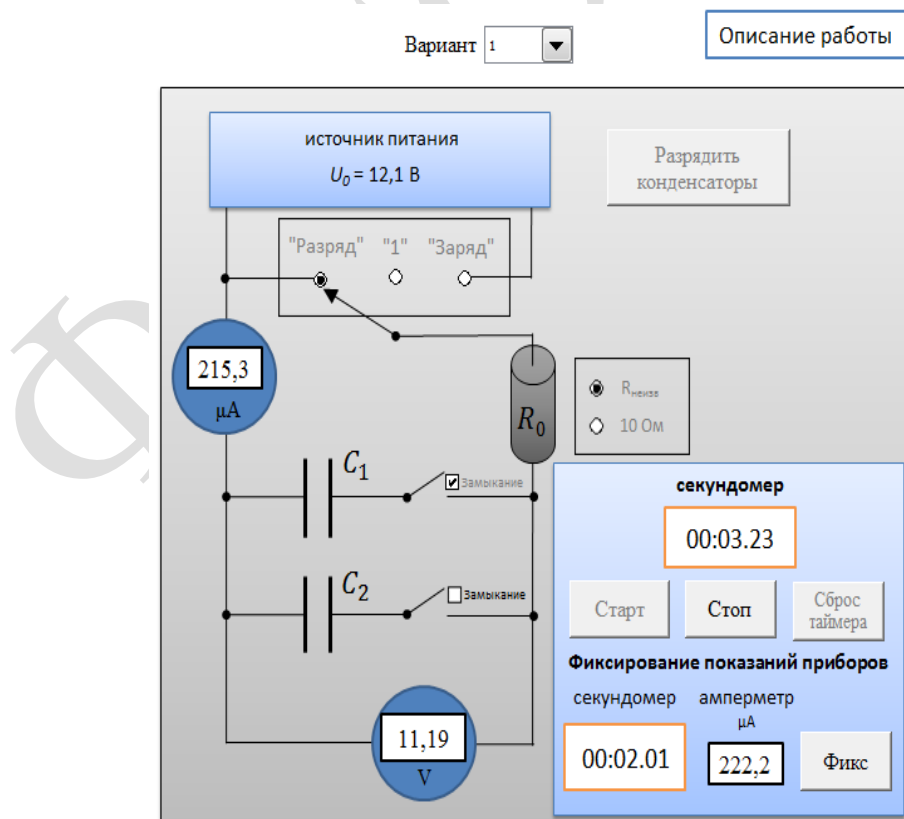


Рисунок 2 — Виртуальная лабораторная работа «Изучение процесса разряда конденсатора»

Моделирование стрелочных приборов требует расчета положения стрелки на панели прибора с помощью макросов. Пример использования таких приборов, показан на рисунке 3. Данная лабораторная установка позволяет определить удельный заряд электрона при помощи магнетрона, помещенного в магнитное поле соленоида, и используется при изучении темы «Магнетизм» [2]. На экран с помощью вольтметра выводится напряжение, подаваемое на анод магнетрона. Два амперметра показывают величину электрического тока на аноде и на соленоиде. Обучающиеся меняют положения бегунка на реостате и меняют ток на соленоиде.

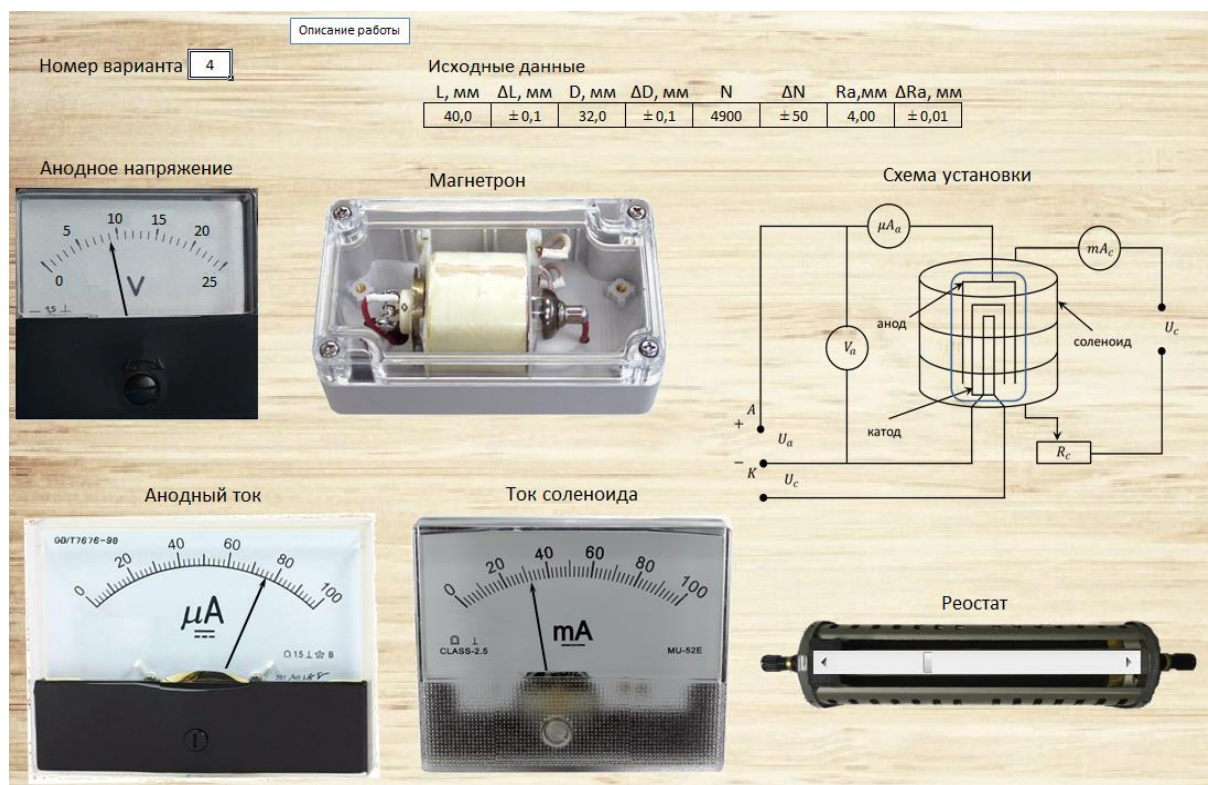


Рисунок 3 — Виртуальная лабораторная работа «Определение удельного заряда электрона методом магнетрона»

Моделирование виртуальной лабораторной установки

Кроме моделирования показаний физических приборов программные методы позволяют создавать анимацию, где на экране изображаются подвижные части установки. На рисунках 4 и 5 показаны примеры таких установок.

На рисунке 4 показана виртуальная лабораторная работа «Изучение динамики вращательного движения при помощи маятника Обербека» [3] (тема «Механика»). В данной работе анимируются вращательное движение маятника Обербека и связанное с ним опускание платформы с грузом. Работу можно проводить в двух вариантах: 1) меняя количество грузов на платформе; 2) меняя положение перегрузов на стержнях маятника.

На рисунке 5 показана виртуальная лабораторная работа «Исследование отраженного света при слабом поглощении в зависимости от угла падения» [7] (тема «Волновая оптика»). В представленной работе анимируется поворот платформы с установленным на ней отражающим элементом. При этом в работе можно менять поляризацию падающего луча. Также визуализируется интенсивность отраженного луча и демонстрируется, что при падении определенным образом поляризованного луча под углом Брюстера отраженный луч полностью исчезает, то есть интенсивность его равна нулю.

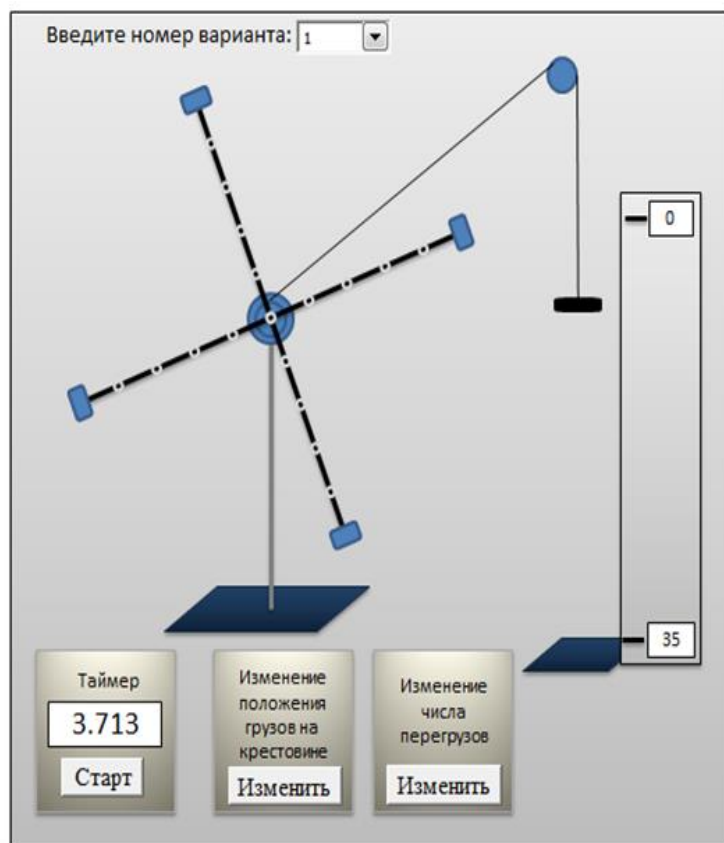


Рисунок 4 — Виртуальная лабораторная работа «Изучение динамики вращательного движения при помощи маятника Обербека»

Исследование отраженного света при слабом поглощении в зависимости от угла падения

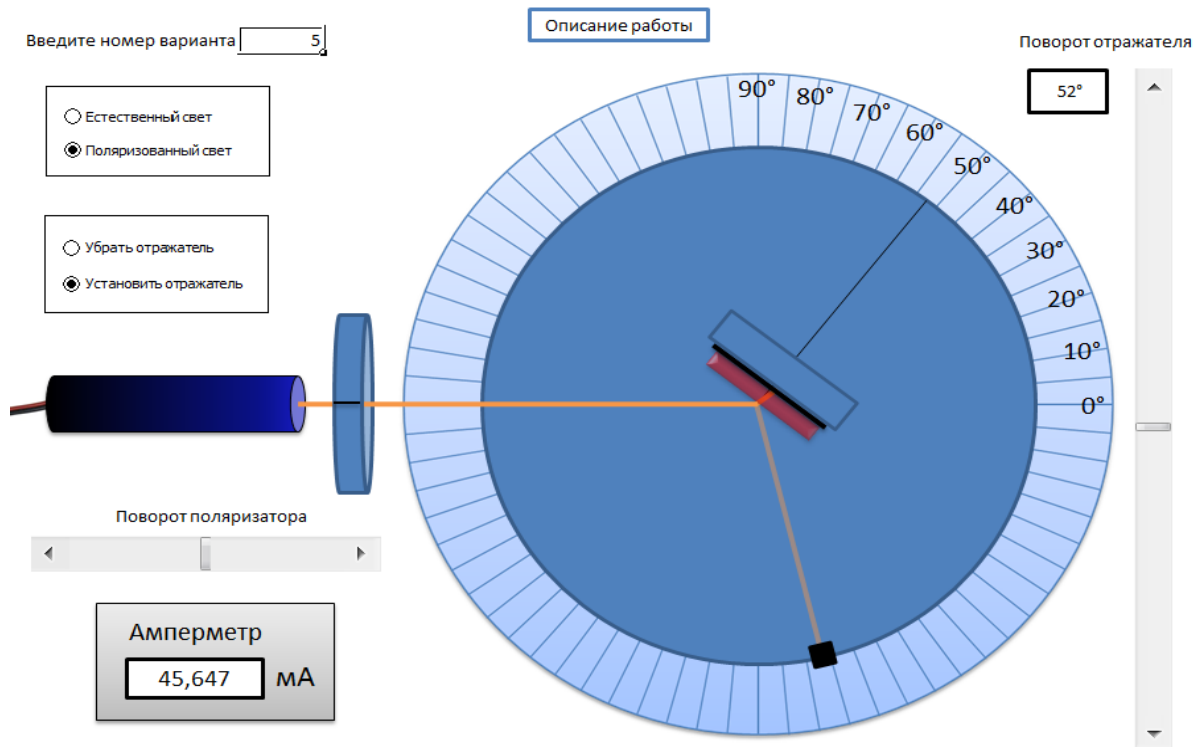


Рисунок 5 — Виртуальная лабораторная работа «Исследование отраженного света при слабом поглощении в зависимости от угла падения»

Вывод на экран графических зависимостей физических величин

Третий тип лабораторных работ, используемых в наших разработках, основан на выводе на экран графических зависимостей разных физических величин. Работа с графиками является важным навыком будущих инженеров. Пример такой работы показан на рисунке 6. Она посвящена изучению гармонических и затухающих колебаний [4]. Цель работы составить уравнения, описывающие показанные на экране зависимости. Работа используется в теме «Колебания и волны».



Рисунок 6 — Виртуальная лабораторная работа «Изучение характеристик гармонических и затухающих механических колебаний»

В качестве среды для разработки виртуального лабораторного комплекса был выбран офисный пакет MS Office. В программе PowerPoint выполнена общая оболочка комплекса для запуска работ. Программа Excel позволила с помощью встроенных функций, макросов и языка программирования VBA создавать виртуальные лабораторные работы, их графическое сопровождение, анимированное моделирование приборов и визуализацию лабораторных установок. В последние два года прекращена поддержка данного программного обеспечения. В результате для дальнейшей разработки виртуального лабораторного комплекса был выбран офисный пакет LibreOffice [9]. Данный программный пакет ничем не уступает по своим характеристикам пакету MS Office. Общая оболочка комплекса выполняется в программе Impress, лабораторные работы – в программе Calc. Единственное неудобство состоит в том, что все созданные ранее работы пришлось заново переписывать, так как LibreOffice не поддерживает макросы, написанные на языке VBA.

Список литературы

1. Гергова И. Ж. Виртуальные лабораторные работы как форма самостоятельной работы студентов / И. Ж. Гергова // Современные наукоемкие технологии. 2017 — № 1 — С. 94–98.
2. Данилов И. Л. Автоматизация изучения законов движения заряженных частиц в магнитном поле / И. Л. Данилов, Н. И. Егорова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020667161, 21.12.2020. Заявка № 2020665820 от 01.12.2020.
3. Данилов И. Л. Автоматизация изучения законов механики вращательного движения / И. Л. Данилов, Н. И. Егорова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021617439, 14.05.2021. Заявка № 2021616577 от 27.04.2021.

4. Данилов И. Л. Автоматизация изучения законов механических гармонических и затухающих колебаний / И. Л. Данилов, Н. И. Егорова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019614041, 27.03.2019. Заявка № 2019612781 от 19.03.2019.
5. Данилов И. Л. Автоматизация изучения процессов разряда конденсатора / И. Л. Данилов, Н. И. Егорова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019614220, 01.04.2019. Заявка № 2019612799 от 19.03.2019.
6. Егорова Н. И. Автоматизация изучения алгоритмов обработки погрешностей прямых и косвенных измерений физических величин / Н. И. Егорова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022681077, 09.11.2022. Заявка № 2022680406 от 01.11.2022.
7. Егорова Н. И. Автоматизация поляризации отраженного света при слабом поглощении в зависимости от угла падения / Н. И. Егорова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023669516, 15.09.2023. Заявка № 2023668923 от 15.09.2023.
8. Медведева Л. В. Использование компьютерного моделирования для формирования компетенций в области спектрального анализа в вузе МЧС России / Л. В. Медведева, И. Л. Данилов, Н. И. Егорова // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. — 2021 — № 1 — С. 36-44.
9. Смирнов Д. Е. Цифровая математика в LibreOffice Calc. Учебное пособие / Д. Е. Смирнов, Ю. П. Кишкович, Е. С. Никитина; под ред. Д. Е. Смирнова — М.: Прометей, 2024. — 244 с.
10. Сэкулич Н.Б. Электронная информационно-образовательная среда университета: принципы построения и структура / Н. Б. Сэкулич // Вестник Бурятского государственного университета. 2016 — В.4 — С. 114-119.

References

1. Gergova I. Zh. Virtual'nye laboratornye raboty kak forma samostoyatel'noj raboty studentov / I. Zh. Gergova // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2017 — № 1 — S. 94-98.
2. Danilov I. L. Avtomatizaciya izucheniya zakonov dvizheniya zaryazhennyh chastic v magnitnom pole / I. L. Danilov, N. I. Egorova // Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM 2020667161, 21.12.2020. Zayavka № 2020665820 ot 01.12.2020.
3. Danilov I. L. Avtomatizaciya izucheniya zakonov mekhaniki vrashchatel'nogo dvizheniya / I. L. Danilov, N. I. Egorova // Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM 2021617439, 14.05.2021. Zayavka № 2021616577 ot 27.04.2021.
4. Danilov I. L. Avtomatizaciya izucheniya zakonov mekhanicheskikh garmonicheskikh i zatuhayushchih kolebanij / I. L. Danilov, N. I. Egorova // Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RU 2019614041, 27.03.2019. Zayavka № 2019612781 ot 19.03.2019.
5. Danilov I. L. Avtomatizaciya izucheniya processov razryada kondensatora / I. L. Danilov, N. I. Egorova // Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RU 2019614220, 01.04.2019. Zayavka № 2019612799 ot 19.03.2019.
6. Egorova N. I. Avtomatizaciya izucheniya algoritmov obrabotki pogreshnostej pryamyh i kosvennyh izmerenij fizicheskikh velichin / N. I. Egorova // Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM 2022681077, 09.11.2022. Zayavka № 2022680406 ot 01.11.2022.
7. Egorova N. I. Avtomatizaciya izucheniya polyarizacii otrazhennogo sveta pri slabom pogloshchenii v zavisimosti ot ugla padeniya / N. I. Egorova // Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RU 2023669516, 15.09.2023. Zayavka № 2023668923 ot 15.09.2023.
8. Medvedeva L. V. Ispol'zovanie komp'yuternogo modelirovaniya dlya formirovaniya kompetencij v oblasti spektral'nogo analiza v vuze MChS Rossii / L. V. Medvedeva, I. L. Danilov, N. I. Egorova // Nauchno-analiticheskij zhurnal Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii. — 2021 — № 1 — S. 36-44.
9. Smirnov D. E. Cifrovaya matematika v LibreOffice Calc. Uchebnoe posobie / D. E. Smirnov, Yu. P. Kishkovich, E. S. Nikitina; pod red. D. E. Smirnova — M.: Prometej, 2024. — 244 s.
10. Sekulich N. B. Elektronnaya informacionno-obrazovatel'naya sreda universiteta: principy postroeniya i struktura / N. B. Sekulich // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016 — V.4 — S. 114-119.

ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ В РАМКАХ СРЕДНЕГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И КУРСОВ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Еркович Ольга Станиславовна

кандидат физико-математических наук, доцент, erkovitch@mail.ru

Прибылов Владислав Алексеевич

студент, v.a.pribylov@gmail.com

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана, 105005, Российская Федерация, Москва, ул. 2-я Бауманская, д.5

Аннотация

Обсуждается целесообразность введения изучения комплексных чисел в программы среднего общего образования. Показаны затруднения, возникающие в курсах общей физики в высших учебных заведениях из-за отсутствия у студентов базового понимания комплексных чисел, такие как изучение затухающих вынужденных колебаний, изучение ряда тем в рамках частей курса общей физики, посвященных электричеству и магнетизму. Отдельно обсуждается проблема изучения квантовой механики в рамках среднего общего образования. Установлены потенциальные пути решения данных проблем, в первую очередь путем углубления междисциплинарных связей между курсами физики и математики.

Ключевые слова

Высшее образование, среднее общее образование, проектирование учебного процесса, курс общей физики, Единый Государственный Экзамен.

THE STUDY OF COMPLEX NUMBERS IN THE CONTEXT OF SECONDARY EDUCATION AND GENERAL PHYSICS COURSES IN HIGHER EDUCATION

Erkovich Olga S.

Ph.D. physical and mathematical sciences, associate professor, erkovitch@mail.ru

Pribylov Vladislav A.

student, v.a.pribylov@gmail.com

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Russian Federation, Moscow, 2-nd Baumanskaya St., 5

Abstract

The advisability of introducing the study of complex numbers into secondary general education curricula is discussed. The paper highlights the difficulties encountered in general physics courses at higher education institutions due to student's lack of basic understanding of complex numbers such as the study of damped forced oscillations and the study of a number of topics in the general physics course related to electricity and magnetism. The problem of teaching of quantum mechanics within secondary education is especially discussed. Potential solutions to these.

Keywords

Higher education, secondary general education, design of the educational process, general physics course, Unified State Exam.

Одной из основополагающих задач современного образования в Российской Федерации является эффективность системы высшего образования, способствующая объему научных исследований и разработок. В частности, эта задача была поставлена

президентом Российской Федерации в его указе от 21 июля 2020 года [1] и являлась одним из показателей, на достижение которого был направлен национальный проект «Наука и университеты» [2]. Однако, рассмотрение системы высшего образования невозможно представить себе без ее связи с системой среднего общего образования. Важным фактором эффективности начальных этапов системы высшего образования является плавный переход к ней от системы среднего общего образования.

Таким образом, можно наблюдать неразрывную связь между материалом, изучаемым в старших классах школы и на первых курсах в высших учебных заведениях. Одним из препятствий, не позволяющим, например, раскрыть ряд тем в рамках курса общей физики, и преодоление которого можно перенести в систему среднего общего образования, являются комплексные числа.

В физике комплексные числа широко используются для описания многих явлений и процессов, таких как

- затухающие колебания;
- вынужденные колебания;
- волновая оптика;
- квантовая механика.

Тот факт, что комплексные числа начинают изучаться лишь на втором курсе в высших учебных заведениях, не позволяет раскрыть всю полноту данных явлений, как в школе, так и в курсе общей физики в высших учебных заведениях, хотя для понимания большей части материала, связанного с данными темами, достаточно самого базового введения в комплексные числа, доступного даже школьнику старших классов. Так, например, преподаватель курса общей физики сталкивается с серьезными методическими трудностями при обсуждении затухающих и вынужденных колебаний. Если в случае незатухающих колебаний можно сослаться на то, что в дифференциальном уравнении вида

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

«легко угадывается» решение в виде синусоиды или косинусоиды, то в случае затухающих колебаний

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

выбор предполагаемого вида решения обосновать крайне затруднительно. В случае же вынужденных колебаний при наличии гармонического внешнего воздействия

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = F_0 \cos \Omega t$$

угадать вид решения вообще не представляется возможным, особенно при обсуждении переходных процессов. Эта проблема мгновенно разрешается введением вспомогательного уравнения

$$\ddot{y} + 2\gamma\dot{y} + \omega_0^2 y = F_0 e^{i\Omega t},$$

в котором аргумент принадлежит множеству комплексных чисел, а не действительных. В таком случае решение первоначального уравнения получается путем взятия действительной части от решения вспомогательного уравнения, что возможно благодаря линейности дифференциального уравнения. Таким образом, для того, чтобы последовательно изложить материал затухающих вынужденных колебаний от студента требуется знать всего лишь три элементарных факта о комплексных числах: показательную $z = Re^{i\varphi}$, тригонометрическую $z = A(\cos \varphi + i \sin \varphi)$ и алгебраическую $z = \text{Re}z + i \text{Im}z$ формы комплексного числа.

Поскольку представления о колебаниях глубоко пронизывают самые различные области как физики, так и смежных дисциплин, мы можем ожидать подобных проблем в последовательности изложения во всех темах, так или иначе затрагивающих колебания, и проблемы эти будут возникать в самых разнообразных частях курса общей физики и касаются не только лишь части, посвященной механике. Так, помимо всего прочего, при изучении цепей переменного тока достаточно сложно последовательно ввести понятие

импеданса, рассмотреть разветвленные цепи и т.д. В данном случае, эти вопросы возможно изложить на упрощенном уровне с помощью метода векторных диаграмм, которые являются более архаичным решением проблемы, нежели рассмотрение данной темы с помощью комплексных чисел.

В волновой оптике без привлечения аппарата комплексных чисел также возникают определенные методические сложности. Безусловно, многие задачи, связанные с описанием явлений интерференции и дифракции можно решить, опираясь на метод векторных диаграмм, но введение комплексных амплитуд позволяет значительно упростить соответствующий анализ.

Квантовая механика и вовсе немыслима без комплексных величин. В сущности, отсутствие соответствующего математического аппарата сводит школьное изложение этого раздела физики к описанию внешнего фотоэффекта и планетарной модели атома, по сути не позволяя в полной мере обсудить представления о корпускулярно-волновом дуализме материи [3]. Введение комплексных чисел позволяет значительно углубить освоение этого раздела курса физики, в последние десятилетия приобретшего большое значение – как прикладное, так и мировоззренческое.

Существуют различные пути решения данной методической проблемы. Одним из них является введение вспомогательного раздела в учебные пособия по курсу физики, дающего краткую справку о комплексных числах, что мы уже можем наблюдать в ряде учебных пособий по общей физике, предназначенных для студентов первого курса высшей школы [4]. К сожалению, этот материал в рамках университетского курса физики для студентов первого курса не может быть включен в программу дисциплины, и может быть вынесен только на самостоятельную проработку. Другим выходом из ситуации является более внимательное отношение к структуре учебных планов и программам учебных дисциплин, учитывающее междисциплинарные связи. Такое решение – изучение базовых положений курса теории функций комплексной переменной до начала изучения опирающихся на них разделов курса физики – было реализовано, например, на физическом факультете МГУ на специальности «Фундаментальная и прикладная физика» [5], и хорошо зарекомендовало себя для студентов классического университета.

Однако, в силу того что из теории функций комплексного переменного необходимым минимумом для общей физики является лишь представление о различных формах комплексного числа, одним из потенциальных решений является введение базовых представлений о комплексных числах в программу курса математики средней школы. Школа в некоторых ограниченных рамках более терпима к догматичному изложению материала, в отличие от последовательного повествования в высших учебных заведениях. Таким образом, единственный результат, который сложно объяснить в рамках школьного курса математики – формулу Эйлера – можно ввести в качестве свойства комплексных чисел постулативным образом, а последовательно обсудить её возможно уже в рамках первого семестра математического анализа в высших учебных заведениях при изучении формулы Тейлора. Таким образом, нагрузка на ученика, вызванная дополнительным материалом, будет не чрезмерной, поскольку от него будет требоваться знать только формы комплексных чисел и основные алгебраические операции над ними.

Основной проблемой в реализации данного подхода является отсутствие соответствующей мотивации со стороны учителей в рамках среднего общего образования, поскольку, как правило, в старших классах программа опирается в первую очередь на материал, представленный в рамках Единого Государственного Экзамена (ЕГЭ). Таким образом, для осуществления данного подхода потребуется внесение корректив и в задания профильного ЕГЭ по математике. Уровень освоения этого материала, достаточный для успешного использования темы «Комплексные числа» в

изучении как школьного курса физики, так и курса общей физики в технических университетах, может быть оценен с помощью включения в материалы ЕГЭ соответствующих заданий. Примеры заданий, демонстрирующих достаточный уровень материала, могут быть такими:

Часть 1:

Найдите модуль комплексного числа $z = 3 + 4i$.

Ответ: _____.

Найдите аргумент комплексного числа $z = 3 + \sqrt{3}i$. Ответ дать в градусах.

Ответ: _____.

Часть 2:

Запишите комплексное число $z = 3e^{-i(\frac{\pi}{6})} \left(\cos\left(\frac{\pi}{3}\right) + i \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) \right)$ в алгебраической форме.

Введение предлагаемых изменений в курс математики средней школы позволит значительно углубить как представления школьников о разделах «Колебания и волны» и в особенности – о разделе «Квантовая физика», и обеспечит более глубокое освоение этих разделов в высшей школе. Возможность использования базовых представлений о комплексных числах в курсе общей физики технического университета должна учитываться при формировании учебных планов и рабочих программ дисциплин для обеспечения высокого качества фундаментальной подготовки специалистов.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» // Собрание законодательства РФ, 27.07.2020, №30, ст. 4884.
2. Паспорт национального проекта «Наука и университеты» // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации: офиц. сайт. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: https://minobrnauki.gov.ru/upload/2024/11/НП_Наука%20и%20университеты.pdf (дата обращения: 06.02.2025).
3. Физика: 11-й класс: базовый и углублённый уровни: учебник / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. Н. А. Парфентьевой. – 11-е изд., стер. – Москва: Просвещение, 2023, – 432 с.: [4] л. ил. – (Классический курс).
4. Кириченко Н. А. Общая физика. Механика: учеб. пособие / Н. А. Кириченко, К. М. Крымский. – М.: МФТИ, 2013. – 290с.
5. Рабочие планы обучения на физическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова // Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова: офиц. сайт. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <https://phys.msu.ru/rus/students/working-plans/> (дата обращения: 06.02.2025).

References

1. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federacii ot 21.07.2020g. №474 «O nacional'nyh celyah razvitiya Rossiyskoy Federacii na period do 2030 goda» // Sbranie zakonodatel'stva RF, 27.07.2020, №30, st. 4884.
2. Pasport nacional'nogo proekta «Nauka I universitety» // Ministerstvo nauki I vyshevo obrazovaniya Rossiyskoy Federacii: ofic. site. Sistem. trebovaniya: Adobe Acrobat Reader. URL: https://minobrnauki.gov.ru/upload/2024/11/НП_Наука%20и%20университеты.pdf (data obrascheniya: 06.02.2025).
3. Fizika: 11-y klass: bazovyi I uglublyonnyi urovni: uchebnik / G. Y. Myakishev, B. B. Buhovcev, V. M. Charugin; pod red. N. A. Parfent'evoy – 11-ye izd., ster. – Moskva: Prosvescheniye, 2023, – 432s.: [4] l. il. – (Klassicheskiy kurs).
4. Kirichenko N. A. Obschaya fizika. Mehanika: ucheb. posobiye / N. A. Kirichenko, K. M. Krymskiy. – M.:MFTI, 2013. – 290s.
5. Rabochie plany obucheniya na fizicheskom fakul'tete MGU imeni M. V. Lomonosova // Fizicheskiy fakul'tet MGU imeni M. V. Lomonosova: ofic. site. Sistem. trebovaniya: Adobe Acrobat Reader. URL: <https://phys.msu.ru/rus/students/working-plans/> (data obrascheniya: 06.02.2025).

Ж.И. АЛФЕРОВ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ СОВЕТ ПО ФИЗИКЕ

Иванов Вадим Константинович

доктор физико-математических наук, профессор, Ivanov_VK@spbstu.ru

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251,
Российская Федерация, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29

Аннотация

Кратко представлены итоги деятельности Научно-методического совета по физике при Министерстве образования и науки РФ за прошедшие 2002 – 2016 годы под руководством академика Ж. И. Алферова. Обсуждается роль Научно-методического совета в решении актуальных проблем преподавания физики в российской средней и высшей школе и подчеркивается вклад в эту работу Председателя Президиума НМС по физике Ж. И. Алферова.

Ключевые слова

Научно-методический совет по физике, физическое образование, фундаментальные дисциплины.

Z.I. ALFEROV AND THE SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL COUNCIL ON PHYSICS

Ivanov Vadim K.

Dr.hab. physical and mathematical sciences, professor, Ivanov_VK@spbstu.ru

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, 195251, Russia, St.Petersburg,
Polytechnicheskaya 29

Abstract

The results of the activities of the Scientific and Methodological Council on Physics under the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the past years 2002 - 2016 under the leadership of Academician J.I. Alferov are briefly presented. The role of the Scientific and Methodological Council in solving urgent problems of teaching physics in Russian secondary and higher schools is discussed, and the contribution of the Chairman of the Presidium of the National Academy of Sciences for Physics, Zh.I. Alferov, to this work is emphasized.

Keywords

Scientific and Methodological Council on Physics, physical education, fundamental disciplines.

В 2025 году исполняется 95 лет со дня рождения академика Жореса Ивановича Алферова. Всем хорошо известен выдающийся вклад Жореса Ивановича, лауреата Нобелевской премии, в мировую и российскую науку и в образовательное пространство. Его деятельность в качестве вице-президента РАН, декана физико-технического факультета СПбПУ, основателя Академического университета (АУ) РАН, несомненно была главной в его жизни и занимала практически все его время.

Менее известной широкой научной общественности, однако не менее важной для поддержки уровня физического образования подрастающего поколения, была его деятельность в качестве Председателя научно-методического совета (НМС) по физике при Министерстве образования и науки. В то время определяющую роль в курировании специального образования при Министерстве играли Учебно-методические

объединения (УМО) и Экспертный Совет по циклу общих естественнонаучных дисциплин. Приказом министерства последний был заменен созданием Научно-методических советов Минобразования России по общим математическим и естественнонаучным дисциплинам. Эти советы должны были объединять сотни наиболее авторитетных ученых, профессоров, преподавателей школ и вузов страны, остро переживающих за проблемы преподавания фундаментальных дисциплин. Научно-методический совет по физике был сформирован на базе СПбГПУ в 2002 году. Председателем совета был назначен академик РАН Ж. И. Алферов.

То, что НМС по физике оказался в Петербурге и что Политехнический университет стал базовым университетом по физическому образованию, - большая заслуга руководства университета, и именно инициативы ректора СПбПУ академика РАН Ю.С. Васильева и декана физико-технического факультета академика Ж. И. Алферов. Высокий уровень физико-математического образования в университете со дня его основания являлся краеугольным камнем подготовки студентов-политехников. К работе на кафедре физики всегда привлекались известные ученые, среди преподавателей кафедры были Нобелевские лауреаты П. Л. Капица и Н. Н. Семенов, академики А. Ф. Иоффе, Д. В. Скобельцын, Ю. Б. Харитон и многие другие. Можно с гордостью сказать, что Политехнический университет внес огромный вклад в становление физики и физического образования в стране. И когда в начале 2000-х декан физико-технического факультета (тогда еще СПбГТУ) Ж. И. Алферов стал лауреатом Нобелевской премии и своей деятельностью осуществлял тесную связь академических институтов с университетами, тогда Юрий Сергеевич Васильев, учитывая активную позицию самого Жорес Ивановича, предложил его кандидатуру на пост Председателя НМС по физике.

Образованный НМС по физике объединил большое количество наиболее авторитетных ученых, профессоров, преподавателей школ и вузов страны, остро переживающих за проблемы преподавания фундаментальных дисциплин. Главной целью работы НМС по физике являлось повышение качества физического образования в учебных учреждениях России.

Следует отметить, что Жорес Иванович не сразу согласился возглавить НМС, что было естественно при его занятости и востребованности в научно-образовательной сфере. Однако, понимая проблемы фундаментального естественнонаучного образования в России, он согласился стать Председателем, полагаясь на четкую и правильную организацию работы Президиума НМС, его секций и широкое представительство вузов России. И надо сказать, что под его руководством работа совета обрела четкие цели, направленные на улучшение качества физического образования. Его имя привлекло к работе в НМС многих других известных ученых, руководителей и организаторов высшей школы в различных регионах России. Так в состав Президиума НМС вошли ректоры и проректоры вузов страны, известные академики и члены корреспонденты РАН (Хохлов А. Р., Бордовский Г. А., Багаев С. Н., Вяткин Г. П., Грибов Л. А., Данильчук В. И., Крохин О. Н. и другие). От Политехнического университета в состав Президиума вошли профессора Н. М. Кожевников (Ученый секретарь НМС), В. К. Иванов (декан физико-механического факультета, зав. кафедрой экспериментальной физики), А. Э. Фотиади (декан радиофизического факультета, зав. кафедрой физической электроники), Д. Г. Арсеньев (директор института международных образовательных программ). Позже в Президиум вошел академик Ю. С. Васильев, будучи Президентом СПбПУ.

Структурно НМС по физике состоял из четырех секций: «Физическое образование в классических университетах» (председатель – профессор МГУ А. М. Салецкий), «Физическое образование в технических вузах» (профессор МАИ Г. Г. Спирин), «Физическое образование в педагогических вузах» (профессор РГПУ им. А. И. Герцена Ю. А. Гороховатский), «Физическое образование в медицинских и

сельскохозяйственных вузах» (профессор Новгородского университета им. Я. Мудрого В. В. Гаврушко) и нескольких комиссий, в том числе по редакционно-издательской деятельности, по учебному физическому эксперименту, по довузовской подготовке и других.

Уже на первом заседании Президиума НМС по физике в 2002 году Ж. И. Алферов отмечал: «Создание Научно-методического совета по физике в рамках Минобразования России - важный шаг в активизации работы по возрождению традиций физического образования на всех уровнях: от средней школы до магистратуры и аспирантуры. Утверждено Положение об этом совете, сформирован Президиум, куда вошли авторитетные профессора и ученые из всех регионов страны. Судя по поступающей информации, вузовская общественность с большим вниманием и надеждой встретила появление нашего совета. Я бы очень хотел, чтобы мы своей работой оправдали эти ожидания, чтобы спустя какое-то время мы могли бы снова гордиться нашим образованием в области физики.»

Далее Ж. И. Алферов отметил, что в после начала перестройки в 90 годы XX века российская система образования в области физики начала давать сбои. Причин тому много. Примитивное понимание “гуманитаризации” образования, переход страны к рынку, перераспределение ресурсов в пользу нематериальных секторов экономики привели к резкому снижению привлекательности физики и других естественных наук у молодежи. Дело дошло до того, что во многих школах вообще отсутствовал предмет “физика”. На государственном уровне активно обсуждался вопрос об объединении школьных естественнонаучных предметов в один - естествознание, что, конечно, станет еще одним шагом к потере традиций физического образования. Не лучше чувствует себя и вузовская, университетская физика. Судя по государственным образовательным стандартам, которые поражают своим формализмом и методической отсталостью, физика остановилась в своем развитии сто лет назад. Ни нелинейная наука, ни диссипативные открытые структуры, ни современные достижения в физике конденсированного состояния не отражены в программах дисциплины “физика” для высшей школы. Лабораторная база физического практикума, за очень редким исключением, фактически пришла в негодность как из-за отсутствия материальных средств на ее модернизацию, так и из-за элементарного нежелания такую модернизацию проводить. Создание методической и научно-популярной литературы, учебных пособий по физике фактически никем не контролируется, несмотря на исключительно большие возможности современных технических средств популяризации знаний. Список проблем в области физического образования, требующих безотлагательного решения, можно продолжать.

Под руководством Ж. И. Алферова регулярно проводились заседания и Пленумы Президиума НМС по физике, деятельность которых была сосредоточена в основном в следующих направлениях:

- разработка структуры и содержания программ дисциплины «Физика»,
- разработку и экспертизу типового учебно-лабораторного и демонстрационного оборудования по физике,
- создание учебно-методической базы довузовской подготовки по физике,
- формирование перспективных планов издания учебников и учебных пособий,
- заключения на учебные издания, представленные к присвоению грифа,
- разработку рекомендаций по структуре и содержанию тестов по физике в рамках единого государственного экзамена,
- проведение оценки планов и результатов научно-методических разработок по вопросам организации учебного процесса и т.д.

Важная координирующая роль НМС по физике, прежде всего, проявилась в организации и проведении масштабных всероссийских научно-методических

конференций, таких как «Физика в системе современного образования» и «Современный физический практикум», играющих важную интегрирующую роль в сохранении и развитии уровня фундаментального физического образования в России.

Кроме того, НМС по физике играл существенную роль в подготовке научно-методических конференций, совещаний, школ-семинаров, организуемых секциями Совета. Совместно с НМС по математике и НМС по информатике наш совет входил в число организаторов международных конференций «Наука в вузах: математика, физика, информатика. Проблемы высшего и среднего профессионального образования», которые состоялись в Польше и в Москве.

При поддержке Ж. И. Алферова активно велась работа по формированию перспективных планов издания и переработки существующих учебников и учебных пособий по физике. Члены Президиума НМС по физике входили в редакционно-издательские советы, общественные редколлегии известных издательств. Так издательством «ЛАНЬ» при непосредственном участии НМС по физике была осуществлена публикация учебников и учебных пособий серии «Классическая учебная литература по физике». Большая работа проводилась по рецензированию учебных изданий, представленных к присвоению грифа Минобрнауки России. Только за два 2012-2014 года около 20 таких изданий было рекомендовано к присвоению грифа Министерства образования и науки России и грифа НМС по физике.



Жорес Иванович Алферов ведет заседание Пленума
НМС по физике. СПбГПУ, октябрь 2006 г.

За период с 2002 по 2016 год было проведено более 10-ти заседаний Президиума НМС на базе Политехнического университета (большая часть под председательством Ж. И. Алферова) и 7 заседаний на базе других университетов, состоялось 2 Пленума НМС. Решения и рекомендации Президиумов и Пленумов публиковались в специально издаваемых Бюллетенях НМС, научно-методических журналах и трудах конференций. В состав НМС входило 5 секций, занимающихся вопросами преподавания физики в вузах различных по уровню подготовки, от физической направленности до гуманитарных вузов. Существенную координирующую роль играл НМС при подготовке научно-методических конференций, совещаний, школ-семинаров, организуемых

секциями Совета. Члены Президиума участвовали в организации и поведении международных конференций, посвященных вопросам преподавания физики в средней и высшей школе, принимали участие в издании учебной литературы по физике.

В примерных программах по многим педагогическим и другим «нефизическим» направлениям физика вообще отсутствует. Там же где она еще сохранилась, ее трудоемкость в новых стандартах заметно ниже, чем в развитых странах мира.

Исключение из базовых учебных программ дисциплины «Концепции современного естествознания» (КСЕ) обрушило естественнонаучный, мировоззренческий компонент образования студентов гуманитарных и социально-экономических направлений. На заседании Президиума НМС по физике была создана комиссия по разработке новой



На заседании Президиума Научно-методического совета по физике при Министерстве образования и науки Ж. И. Алферов и ректор СПбПУ Ю.С. Васильев

примерной программы дисциплины КСЕ, которая могла бы существовать в учебных планах хотя бы как вариативный предмет. В комиссию вошли авторитетные профессора из вузов Иркутска, Ульяновска, Пензы, Москвы, Санкт-Петербурга.

Заседания Президиума НМС по физике широко освещались в СМИ, в частности, информацию об этом мероприятии дали газеты «Поиск», «Вестник высшей школы», РИА-Новости, портал «Наука и технологии» и другие издания. Основные принятые документы о деятельности совета, а также рекомендованные советом примерные программы дисциплин «Физика» и «Концепции современного естествознания» опубликованы в очередном выпуске Бюллетеня НМС по физике

Примерно до 2012 года работу НМС по физике курировало Министерство образования и науки РФ, однако в последующие годы в связи продолжающимися реформами в образовании и сокращением преподавания фундаментальных дисциплин интерес Министерства к работе НМС существенно упал. На последних заседаниях НМС по физике отмечалось, что уровень физического образования в целом в вузах страны снизился, что весьма заметно по усредненному качеству и вовлеченности выпускников в научную работу. Ж. И. Алферов хорошо это видел, выступал за сохранение надлежащего фундаментального уровня образования по физике, что он успешно делал в своем Академическом университете.

Список литературы

1. Александров А. А. Уровневая система, федеральные государственные образовательные стандарты и примерные основные образовательные программы высшего профессионального образования России / А. А. Александров, М. П. Федоров, В. Н. Козлов, В. В. Глухов и др. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010.. — 197 с.
2. Алферов Ж. И. “Деятельность Научно-методического совета по физике в условиях реформирования системы высшего профессионального образования” / Ж. И. Алферов, В. К. Иванов, Н. М. Кожевников // Физическое образование в вузах. — 2005. — 11, № 4. — С. 20-22
3. Иванов В. К. Деятельность научно-методического совета по физике в условиях перехода к «уровневой системе» высшего образования / Иванов В. К., Кожевников Н. М. / Физика в системе современного образования (ФССО-11): материалы XI Междунар. Конф. — Волгоград: Изд-во ВГСПУ «Перемена» — 2011 — С. 14-18.

References

1. Aleksandrov A. A. Urovnevaya systema, federal'nye gosudarstvennye obrazovatel'nye standarty i primernye osnovnye obrazovatel'nye programmy vysshego professional'nogo obrazovaniya Rossii / A. A. Aleksandrov, M. P. Fedorov, V. N. Kozlov, V. V. Glukhov and others. — SPb: Izd. Polytechn. Univ-ta, 2010. — 197 p.
2. Alferov J. I. “Deyatel'nost' Nauchno-metodicheskogo soveta po fizike v usloviyakh reformirovaniya sistemy vysshego professional'nogo obrazovaniya” / J. I. Alferov, V. K. Ivanov, N. M. Kozhevnikov // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. — 2005. — 11, № 4. — С. 20-22
3. Ivanov V. K. Deyatel'nost' Деятельность Nauchno-metodicheskogo soveta po fizike v usloviyakh perekhoda k «urovnevoi systeme» vysshego obrazovaniya / V. K. Ivanov, N. M. Kozhevnikov / Fizika v sisteme sovremennogo obrazovaniya (FSSO-11): materialy XI Mezhdun. Conf. — Volgograd: Izd. «Peremena» — 2011 — С. 14-18.

ДИСТАНЦИОННЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ФИЗИКЕ В УСЛОВИЯХ НЕПРЕДВИДЕННЫХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ

Иванова Наталья Анатольевна¹

кандидат физико-математических наук, доцент, naivanova@mephi.ru

Тюлюсов Антон Николаевич^{1,2}

кандидат физико-математических наук, доцент, antyulyusov@mephi.ru

Хангулян Елена Владимировна¹

старший преподаватель, evkhangulyan@mephi.ru

Хеймиц Максим Дмитриевич¹

старший преподаватель, mdkhejmits@mephi.ru

Шмайснер Йоханн^{1,2}

старший преподаватель, IShmaisner@mephi.ru

¹ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 115409, Москва, Каширское шоссе, д. 31

² Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", 123182, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д.1

Аннотация

Приводится описание системы тестирования «Проверка знаний студентов» кафедры Общей физики НИЯУ МИФИ. Обсуждается опыт проведения дистанционных аттестационных мероприятий и сравнение их результатов с очными. Даются рекомендации по созданию и поддержанию в готовности таких систем.

Ключевые слова

Дистанционные образовательные технологии, удаленный экзамен, тестирование, общая физика, база заданий.

REMOTE PHYSICS EXAM UNDER UNFORESEEN CIRCUMSTANCES

Ivanova Natalia A.¹

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,

NAIvanova@mephi.ru

Tyulyusov Anton N.^{1,2}

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, tyulyusov@itep.ru

Khangulyan Elena V.¹

senior lecturer, EVKhangulyan@mephi.ru

Kheymits Maxim D.¹

senior lecturer, mdkhejmits@mephi.ru

Schmessner Jokhann^{1,2}

senior lecturer, IShmaisner@mephi.ru

¹ National Research Nuclear University MEPhI, 31, Kashirskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 115409

² National Research Center "Kurchatov Institute", 1, Academician Kurchatov square, Moscow, Russian Federation, 123182

Abstract

The description of the testing system "Checking students' knowledge" of the Department of General Physics of the National Research Nuclear University MEPhI is given. The experience of conducting remote certification events and comparing their results with face-to-face ones is discussed. Recommendations are given on the creation and maintenance of such systems.

Keywords

Distance learning technologies, remote examination, testing, general physics, task base.

1. Введение

Последние годы дистанционные технологии находят все большее и большее место в образовательном процессе [1]. Главной причиной такого распространения, очевидно, является наследие «ковидных» времен. Причем можно разложить это влияние на два процесса: первый это появление наработанного опыта, второй — преодоление внутреннего барьера «боязни» дистанционного обучения, которое было ранее присуще всем сторонам — и студентам, и преподавателям и администрациям [2].

Еще одной причиной стало постоянное развитие информационных технологий: повышение удобства существующего и появление нового программного обеспечения для решения образовательных задач; улучшение технических характеристик устройств и линий связи; повышение доступности электронной вычислительной техники и компьютерной грамотности. Таким образом, введение дистанционного образования на короткие периоды времени в качестве отклика на непредвиденные обстоятельства (экстремальные погодные условия, вспышки заболеваний и т.п.) становится привычным и удобным инструментом реагирования. С очевидностью из сказанного следует, что ВУЗы в целом и кафедры, реализующие учебные программы, в частности должны быть готовы к неожиданному введению дистанционных форм проведения занятий и, в особенности, аттестации.

2. Система тестирования задания кафедры Общей физики НИЯУ МИФИ

Путем решения обозначенной выше проблемы является создание и поддержание в готовности системы дистанционной аттестации. Существует два основных подхода к проведению дистанционных мероприятий по аттестации. Первый — моделирование телекоммуникационными средствами стандартного экзамена, содержащего выдачу билета, проверку ответа и беседу со студентом. Второй — удаленное компьютерное тестирование. Преимуществами первого метода являются: оперативность внедрения, так как не требуются разработки новых решений, при этом предполагается, что кафедра и ее сотрудники обладают техническими и программными средствами для его реализации; понятность процедуры как преподавателям, так и студентам. К преимуществам тестового подхода можно отнести: малые временные затраты; возможность одновременного приема экзамена у большого числа студентов.

В период пандемии Covid-19 карантинные мероприятия были введены менее чем за три месяца до начала сессии, что было бы недостаточно для разработки полноценной тестовой системы. Однако ранее такая система уже была создана и апробирована на кафедре Общей физики НИЯУ МИФИ [3]. В течении нескольких сессий, проведенных в удаленном режиме, тестовая система развивалась и ниже описано ее состояние в текущее время.

2.1 Концептуальное описание системы

Система «Проверка знаний студентов» (далее — ПЗС) представляет собой набор теоретических вопросов, качественных и количественных задач по всем разделам курса Общей физики. В качестве платформы используется «Образовательный портал НИЯУ МИФИ» [4], использующий систему управления образовательными электронными курсами Moodle.

2.2 Состав ПЗС

База знаний представляет собой иерархическую структуру. Верхний уровень иерархии (в терминах Moodle — категория) представляет собой раздел курса Общей физики и, как правило, соответствует семестру, в котором он изучается студентами. Такие как «Механика» или «Атомная физика».

Внутри раздела выделяются порядка десяти тем. Например, для «Механики» это будут кинематика материальной точки, динамика материальной точки, импульс, работа и энергия, момент импульса, неинерциальные системы отсчета, кинематика твердого тела, динамика твердого тела, гидродинамика, специальная теория относительности. Внутри темы выделяются задачи дифференцируются по сложности.

2.3 Характеристики тестовых заданий

В ПЗС используются две разновидности тестовых заданий: задания закрытого типа (требуется выбрать один вариант из предложенных) и открытого типа (необходимо ввести число, являющееся ответом). Закрытый тип используется для теоретических вопросов и качественных задач, пример теоретического вопроса см. рис. 1, качественной задачи — рис. 2.

Укажите правильную запись правила квантования Бора:

Выберите один ответ:

- ☐ $\frac{1}{\lambda_n} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$
- ☐ $\omega_{nm} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$
- ☐ $\oint p dq = h n$
- ☐ $\lambda_n = n \lambda$
- ☐ $E_n = n \hbar \omega$

Рисунок 1 — Теоретический вопрос

Частица массы m движется со скоростью $\vec{V} = V \vec{e}_x$ на расстоянии l от оси x . Проекция момента импульса частицы M_x равна в СИ:

Выберите один ответ:

- ☐ $2 m V l$
- ☐ $- m V l$
- ☐ 0
- ☐ $m V l$

Рисунок 2 — Качественная задача

Пример тестового вопроса открытого типа, содержащий задачу с числовым ответом приведен на рис. 3.

Закрытая с одного конца труба длины $l = 1$ м вращается вокруг перпендикулярной к ней вертикальной оси, проходящей через открытый конец трубы, с угловой скоростью $\omega = 62,8$ рад/с. Температура $t = 20$ °С. Найти отношение давления p воздуха в трубе вблизи закрытого конца к давлению окружающего воздуха p_0 . Ответ округлить до сотых долей:

Ответ:

Рисунок 3 — Числовая задача

2.4 Регламент экзамена

Для проведения экзамена был принят Регламент, устанавливающий следующие основные принципы. Во время проведения экзамена для контроля добросовестности используется платформа прокторинга ProctorEdu, хотя имеются данные [5] о том, что это не является строго необходимым условием. Экзамен состоит из 25 заданий, на выполнение которых давалось 55 минут. Все задания имеют равный вес и дают по два балла за правильный ответ в оценку за экзамен. Итоговая оценка за дисциплину складывалась из оценки за экзамен максимум 50 баллов и оценки за работу в семестре, также до 50 баллов. Граница оценки удовлетворительных оценок начиналась с 30 баллов.

3. Результаты дистанционных экзаменов

За последние годы летние сессии в НИЯУ МИФИ трижды проводились в дистанционном формате, поэтому имеет смысл сравнить результаты с классическими экзаменами. В табл. 1 приведены распределение в процентах (сумма не равна 100 % за счет недопущенных до экзамена) итоговых оценок первых курсов с 2019 до 2024 года. Результаты приводятся по состоянию до пересдач.

Таблица 1

Год и форма	5	4	3	2
2019 очно	14	47	23	9
2020 дистанционно	6	63	25	4
2021 дистанционно	4	52	39	2
2022 очно	15	46	26	3
2023 очно	16	56	16	3
2024 дистанционно	5	55	26	9

Непосредственное распределение студентов по тестовым баллам на примере первого курса 2024 года приведено на рис. 4.

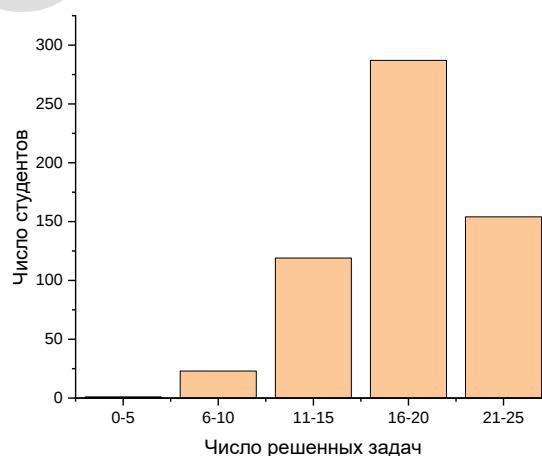


Рисунок 4 — Распределение по тестовым баллам

Можно видеть, за исключением некоторого проседания «отличных» оценок результаты дистанционного экзамена адекватно воспроизводят картину классического. Также после летней сессии 2024 года были проведены опросы студентов (около 60 человек) и преподавателей (8 человек) с предложением дать субъективную оценку объективности экзамена по десятибалльной шкале (0 — оценка совершенно не соответствует ожидаемой, 10 — полностью соответствует). Средняя оценка от преподавателей составила 7.5 баллов, а от студентов — 6.1 балла. С поправкой на склонность студентов к некоторой переоценке собственных знаний можно считать оценки практически совпадающими. На основе статистики результатов сессий и данных опроса можно сделать вывод, что за исключением некоторого проседания «отличных» оценок, результаты дистанционного экзамена адекватно воспроизводят картину классического.

4. Результаты дистанционных экзаменов

Из опыта прошедших после пандемии лет видно, что дистанционная форма аттестационных мероприятий не уходит в небытие вместе с коронавирусом. Поэтому поддержание системы тестовых заданий в готовом к неожиданному применению представляется существенно полезным. Для этого необходимо наличие базы тестовых заданий различного уровня сложности, содержащих как вопросы по теории так задачи, требующие вычислений; нескольких типовых регламентов для различных видов аттестационных мероприятий. Второе — наличие команды из трех-четырех сотрудников в обязанности которых входит поддержание системы в работоспособном состоянии: отслеживание обновлений программного обеспечения платформы; актуализация, модернизация и расширение базы заданий; координация работ при необходимости привлечения большего числа преподавателей.

Список литературы

1. Манвелова И. А., Широгалина В. И., Условия повышения эффективности взаимодействия в онлайн-среде образования при организации дистанционного обучения // Высшее образование сегодня. – 2024. - № 1(104) – С. 241-243 // DOI: 10.18137/RNU.HET.22.05-06.P.036
2. Татаринцева Р. И., «Синдром» дистанционного обучения и его преодоление // Казанский педагогический журнал. – 2022. - № 3. – С. 78-86 // DOI: 10.51379/KPJ.2022.153.3.009
3. Калашников Н. П., Муравьев-Смирнов С. С., Самарченко Д. А., Тюлюсов А. Н., Применение системы дистанционного обучения для проведения экзаменов по физике у магистрантов // Физическое образование в ВУЗах. – 2016. – Т. 22. - № 2. – С. 56-69
4. Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ". Электронные образовательные ресурсы [Электронный ресурс]. – М.: НИЯУ МИФИ, 2024. – URL: <https://online.mephi.ru> (дата обращения: 12.03.2025)
5. Подласов С. А., Матвейчук А. В., Подготовка и проведение экзамена по физике в режиме онлайн // Информационные технологии и средства обучения. – 2022. – Т. 92 - № 6. – С. 124-139 // DOI: 10.33407/itlt.v92i6.5068

References

1. Manvelova I. A., Shirogalina V. I., Conditions for improving the effectiveness of interaction in the online educational environment in the organization of distance learning // Higher education today. – 2024. - № 1(104) – Pp. 241-243 // DOI: 10.18137/RNU.HET.22.05-06.P.036
2. Tatarintseva R. I., The "Syndrome" of distance learning and its overcoming // Kazan Pedagogical Journal. – 2022. - No. 3. – pp. 78-86 // DOI: 10.51379/KPJ.2022.153.3.009
3. Kalashnikov N. P., Muravyev-Smirnov S. S., Samarchenko D. A., Tyulyusov A. N., Remote access application for general physics examinations in the magistracy institute of National Research Nuclear University MPEI // AIP Conference proceedings. 2017. - V. 1797. – P. 020005
4. Nacional'nyj issledovatel'skij yadernyj universitet "MIFI". Elektronnye obrazovatel'nye resursy [Elektronnyj resurs]. – M.: NIYaU MIFI, 2024. – URL: <https://online.mephi.ru> (data obrashcheniya: 12.03.2025)

5. Podlasov S. A., Matveychuk A. V., Preparation and conduct of the physics exam online // Information technologies and teaching aids. – 2022.– Vol. 92 - No. 6. – pp. 124-139 // DOI: 10.33407/itlt.v92i6.5068

ФССО-2025

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УСТАНОВОК МИФИ КАК ОБЪЕКТЫ УЧЕБНО-ПРОФОРИЕНТАЦИОННЫХ ЭКСКУРСИЙ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ И СТУДЕНТОВ

Кирюхин Павел Константинович¹
инженер, pkkirukhin@mephi.ru

Кирюхина Наталия Владимировна²
кандидат педагогических наук, доцент, natakir21@gmail.com

¹ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 115409, Российская Федерация, Москва, Каширское шоссе, 31

² Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского, 248023, Российская Федерация, Калужская область, г. Калуга, ул. Ст. Разина, 26

Аннотация

Статья посвящена использованию цифровых двойников ядерных исследовательских установок в качестве объектов учебно-профориентационных мероприятий для школьников и студентов. Представлен опыт Лаборатории виртуальной реальности по разработке и использованию цифровых двойников, включая виртуальный аналог ядерного реактора, прототипом которого является исследовательский реактор ИРТ, расположенный на территории НИЯУ МИФИ. Описана методика проведения интерактивных экскурсий для школьников, позволяющих продемонстрировать устройство и принципы работы ядерных установок с помощью VR-технологий. Рассмотрен формат мастер-классов для будущих учителей физики, направленных на освоение методики проведения виртуальных экскурсий и их использования в образовательном процессе. Подчеркивается, что данный подход способствует повышению интереса к инженерным профессиям, а также формированию у будущих учителей компетенций в области организации профориентационной работы с учащимися при изучении физики в школе.

Ключевые слова

Цифровой двойник, ядерная исследовательская установка, обучение физике, профориентация, подготовка учителей физики.

DIGITAL TWINS OF MEPHI NUCLEAR RESEARCH FACILITIES AS OBJECTS OF EDUCATIONAL AND CAREER GUIDANCE EXCURSIONS FOR SCHOOLCHILDREN AND STUDENTS

Kiryukhin Pavel K.¹
engineer, pkkirukhin@mephi.ru

Kiryukhina Natalia V.²
candidate of pedagogy, natakir21@gmail.com

¹ National Research Nuclear University MEPHI, 115409, Russian Federation, Moscow, Kashirskoe shosse, 31

² Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky, 248023, Russian Federation, Kaluga region, Kaluga, St. Razin st., 26

Abstract

The article is devoted to the use of digital twins of nuclear research facilities as objects for educational and career guidance activities for schoolchildren and students. The experience of the Virtual Reality Laboratory in the development and use of digital doubles is

presented, including a virtual analogue of a nuclear reactor, the prototype of which is an IRT research reactor located on the territory of the National Research Nuclear University MEPhI. A method for conducting interactive excursions with schoolchildren using VR technology is described, allowing them to demonstrate the design and operation principles of nuclear installations. The format for master classes for future physics teachers is considered, aimed at mastering methods for conducting virtual excursions and using them in the educational process. It is emphasized that this approach helps to increase interest in engineering professions, as well as the formation of future teachers' competencies in organizing career guidance with students during physics lessons at school.

Keywords

Digital twin, nuclear research facility, physics education, career guidance, physics teacher training.

В число целей изучения физики в школе входит формирование и развитие представлений о связанных с ней «сферах будущей профессиональной деятельности» и «подготовка к дальнейшему обучению в этом направлении» [13, с. 6]. В современном мире, где наука, техника и технологии играют ключевую роль, такой выбор профессии и образовательной траектории становится всё более актуальным и востребованным. Подготовка квалифицированных кадров для наукоемких отраслей является одним из приоритетов государственной политики Российской Федерации. Федеральный проект «Развитие кадрового потенциала в сфере исследований и разработок» [12] включает в себя мероприятия по поддержке молодых ученых, развитию исследовательской инфраструктуры и популяризации науки среди школьников и студентов. Программа «Приоритет-2030» [1] направлена на поддержку университетов, которые вносят значительный вклад в развитие науки и технологий. Участие в этой программе позволяет вузам, в том числе и МИФИ, развивать новые образовательные программы и привлекать талантливых абитуриентов.

В то же время в последние годы все чаще высказывается обеспокоенность по поводу падения интереса к научно-техническим направлениям и специальностям среди абитуриентов вузов. Статистика Государственной итоговой аттестации по программам общего среднего образования показывает снижение числа выпускников, выбирающих физику для сдачи Единого государственного экзамена [10]. Прослеживается тенденция к недобору обучающихся на некоторые инженерные направления, особенно в региональных вузах [4]. Серьезной проблемой стала нехватка учителей физики в школах [3]. Такое противоречие между все возрастающей потребностью в квалифицированных специалистах и снижением интереса к естественнонаучным и инженерным направлениям профессионального выбора определяет необходимость разработки и внедрения эффективных учебно-профориентационных мероприятий для школьников, а также для подготовки учителей физики к организации такой деятельности.

Цель данной статьи – представить концепцию учебно-профориентационных мероприятий для школьников и мастер-классов по их проведению для будущих учителей физики на основе продуктов реализации одного из направлений деятельности НИЯУ МИФИ – комплекса виртуальных аналогов реальных исследовательских установок, расположенных на территории вуза, включая цифровой двойник исследовательского ядерного реактора [5].

Для более полного понимания идеи и задач описываемого проекта, обратимся истории. Еще в 2018 году в институте ядерной физики и технологий НИЯУ МИФИ году была создана Лаборатория виртуальной реальности, ставшая пионером в области интеграции ядерно-физического моделирования и VR – технологий, а также внедрения созданных на их основе продуктов в образовательный процесс [6, 7, 8, 9]. Результатом

первых лет работы стало создание виртуальных аналогов существующих экспериментальных установок, таких как уран-графитовая и уран-водная подкритические сборки [2, 11]. Эти разработки позволили представить в цифровой иммерсивной среде процессы, происходящие в ядерных установках, с использованием самых современных инструментов, включая инновационные подходы к визуализации нейтронных потоков и радиационного фона. На их базе был создан комплекс виртуальных лабораторных работ для студентов по курсу «Экспериментальная физика ядерных реакторов».

Осенью 2020 года стартовал проект по созданию цифрового двойника исследовательского ядерного реактора ИРТ МИФИ на основе интеграции технологий BIM-проектирования, математического моделирования и виртуальной реальности [5]. В декабре 2022 года состоялся первый демонстрационный пуск виртуального реактора. Его реальный прототип (единственная действующая установка такого рода на территории многопрофильного вуза в европейской части России) [14], был создан как учебно-научный комплекс для подготовки специалистов в области ядерной физики и техники, а также для проведения научных исследований еще в 60-е годы. ИРТ в составе Атомного центра МИФИ осуществляет образовательную деятельность по нескольким направлениям, включая обзорные лекции-экскурсии. Однако особенности режима эксплуатации ядерной физической установки не позволяют проводить их в широких масштабах для всех желающих. По мнению авторов концепции цифрового двойника ИРТ «данный проект может широко использоваться для популяризации научных знаний, научного туризма, для повышения заинтересованности учащейся молодежи современными цифровыми технологиями» [12, с. 47]

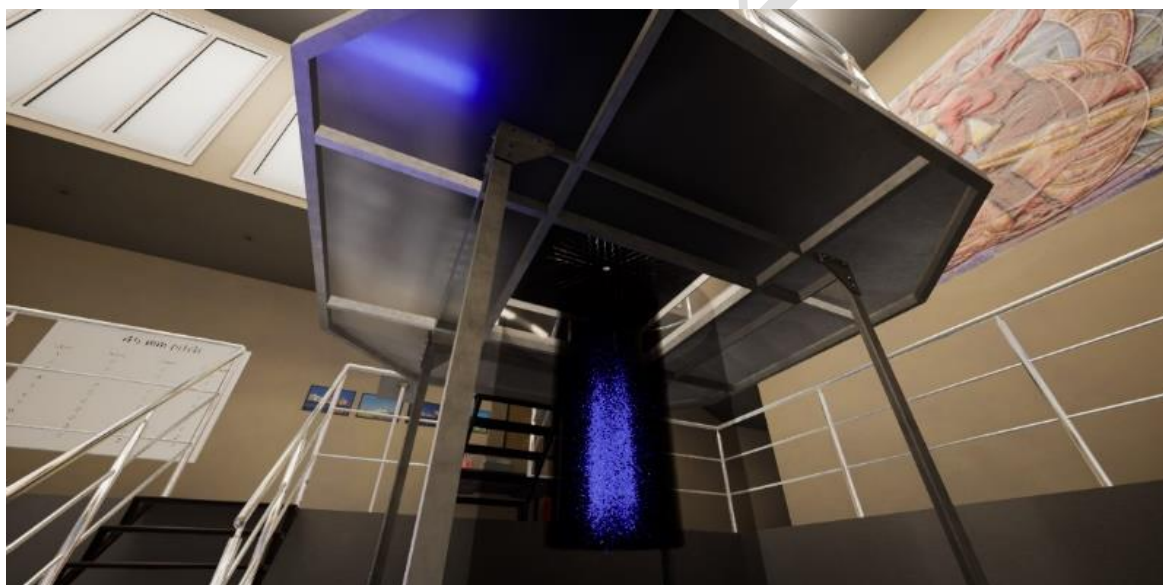


Рисунок 1 — Визуализация потока нейтронов внутри подкритической сборки

Цифровой двойник не только воспроизводит, но и расширяет возможности оригинала за счет визуализации физических процессов, протекающих в устройствах. Виртуальная реальность позволяет создать зрительные образы нейтронного потока (рисунок 1) или радиационный фон, которые смотрятся особенно эффектно при восприятии с VR-гарнитурой. При этом распределение плотности потока соответствует физике процесса (модель, которая лежит в основе визуализации, базируется на реальных данных, собранных за несколько десятилетий эксплуатации ИРТ).

Первое направление системы учебно-профориентационных мероприятий с использованием продуктов деятельности Лаборатории виртуальной реальности ИЯФиТ – геймифицированные интерактивные экскурсии для учащихся и выпускников

общеобразовательных школ. Они проводятся, как правило, в Дни открытых дверей или в рамках специализированных экскурсионных программ для абитуриентов во время приёмной компании. Представим примерный план-сценарий такого мероприятия.

1. «Ядерный IQ: проверь свои знания перед VR-пуском!» - интеллектуальная игра (квиз), в ходе которой осуществляется актуализация знаний о ядерных реакциях. Активные участники получают первоочередное право участвовать и выбирать роли в игровых VR-интерактивах.

2. Иммерсивный обучающий интерактив «Виртуальная лаборатория: эксперименты на ядерной установке» предусматривает демонстрацию лабораторной работы «Определение материального параметра в подкритических сборках» в VR-среде. Перед погружением в виртуальную реальность необходимо рассказать, что такое подкритическая сборка и ввести понятие «материальный параметр», чтобы это было понятно даже школьникам, не имеющим глубоких знаний в ядерной физике. Можно использовать аналогию с костром, который поддерживается с помощью вентилятора или подбрасывания бумаги. Материальный параметр показывает, насколько хорошо данная среда поддерживает цепную реакцию. Это как качество дров для ядерного костра. Если материальный параметр большой, то цепная реакция легко начинается и поддерживается, если он маленький, то цепную реакцию трудно начать и она быстро затухает (плохие дрова, нет ветра, много воды). Далее участникам предоставляется возможность произвести действия по выполнению лабораторной работы в VR-среде с использованием VR-гарнитуры (шлем и контроллеры).

3. Лекция-визуализация в режиме диалога: «Как устроен ядерный реактор и как им управлять?» На экране демонстрируется видеоряд реального реактора, расположенного в специализированном здании на территории университета, озвучивается история ИРТ и его цифрового двойника, описываются особенности работы реактора и принципы управления им. Особое внимание уделяется проблеме обеспечения безопасности при его эксплуатации.



Рисунок 2 — Иммерсивная ролевая игра «Ядерный пульт: прими вызов реактора!»

4. Иммерсивная ролевая игра «Ядерный пульт: прими вызов реактора!» предусматривает пуск виртуального ядерного реактора ИРТ МИФИ в VR. Роль оператора выполняет участник интерактива (преимущественное право у победителя квиза), работающий в VR-шлеме при помощи контроллеров (рисунок 2). Визуальный ряд воспроизводит интерьер помещения пультной, показания приборов, черенковское свечение над активной зоной реактора при достижении номинальной мощности (рисунок 3). Сценарий игры воспроизводит запуск в полном соответствии с регламентом, а также

режим, моделирующий ошибки оператора, позволяющий продемонстрировать сброс стержней аварийной защиты.

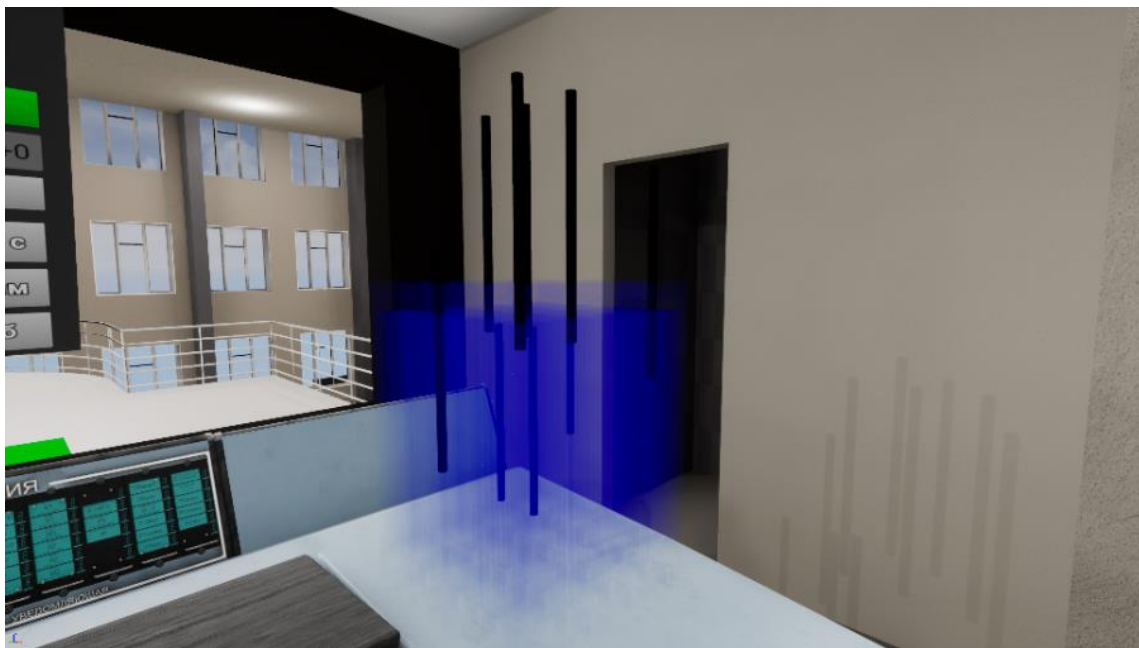


Рисунок 3 — Визуализация интерьера пультовой, показаний приборов и процессов в активной зоне

Интерактивные экскурсии для школьников – лишь один из вариантов применения цифровых двойников ядерных исследовательских установок. Другим, не менее важным направлением, является использование этих виртуальных моделей в процессе подготовки будущих учителей физики: как для совершенствования предметных знаний в области атомной и ядерной физики, так и для развития их профессиональных педагогических компетенций, например, способности организовывать различные виды внеурочной деятельности области профориентации школьников. В июле 2024 года состоялся первый мастер-класс для студентов Калужского государственного университета (бакалавриат «Педагогическое образование», с двумя профилями «Физика и математика», предвыпускной 4 курс). Студенты ознакомились с возможностями цифровых двойников как инструмента для визуализации сложных физических явлений, создания интерактивных уроков и проведения виртуальных лабораторных работ, что значительно расширяет их методический арсенал [7,8,9].

Представленная концепция учебно-профориентационных мероприятий и мастер-классов для будущих учителей физики на основе цифровых двойников ядерных исследовательских установок, разработанных в НИЯУ МИФИ, представляет собой один из шагов к решению проблемы снижения интереса школьников к научно-техническим специальностям. Виртуальные модели, объединяющие в себе наглядность, интерактивность и возможность проведения экспериментов в безопасной среде, позволяют эффективно знакомить школьников с достижениями современной науки и техники, формировать у них представление о профессиях в атомной отрасли и мотивировать к углубленному изучению физики. Дальнейшие исследования будут направлены на расширение спектра используемых виртуальных моделей, разработку новых методических подходов и оценку эффективности внедрения данной концепции в различных образовательных учреждениях.

Список литературы

1. Аналитика программы «Приоритет 2030» // Приоритет 2030 : [сайт]. – URL: <https://priority2030.ru> (дата обращения 11.02.25)
2. Виртуальные аналоги физических стендов НИЯУ МИФИ / В. И. Романенко, П. К. Кирюхин, П. А. Пугачев, Д. А. Хомяков, А. А. Щербаков, И. М. Юшин, Г. В. Тихомиров // Автоматизация в промышленности. – 2021. – № 6. – С. 33-37.
3. В каждой четвертой школе нет учителей физики // Независимая газета 17.12.24. – URL: https://www.ng.ru/editorial/2024-12-17/2_9158_red.html (дата обращения 11.02.25)
4. В погоне за студентом. Вузы снова ждет недобор на инженерные специальности? / Еженедельник «Аргументы и Факты». № 30. 24.07.2024. – URL: <https://aif.ru/society/education/v-pogone-za-studentom-vuzy-snova-zhdet-nedobor-na-inzhenernye-specialnosti> (дата обращения 11.02.25)
5. Жабицкий М. Г. Концепция комплексного цифрового двойника сложного инженерного объекта на примере исследовательского реактора НИЯУ МИФИ / М. Г. Жабицкий, С. А. Ожерельев, Г. В. Тихомиров // International Journal of Open Information Technologies. – 2021. №8. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-kompleksnogo-tsifrovogo-dvoynika-slozhnogo-inzhenernogo-obekta-na-primere-issledovatel'skogo-reaktora-niyau-mifi> (дата обращения: 11.02.2025)
6. Задеба Е. А. Ядерная физика и VR: как в МИФИ нам удалось подружить современную науку, технологии и образовательный процесс. – URL: <https://habr.com/ru/post/583878> (дата обращения: 11.02.25).
7. Кирюхина Н. В. Цифровые двойники ядерных исследовательских установок в лабораторном практикуме для будущих инженеров-физиков / Н. В. Кирюхина, П. К. Кирюхин // Современные проблемы профессионального образования: тенденции и перспективы развития : Сборник научных статей II Всероссийской научно-практической конференции, Калуга, 12 ноября 2021 года. – Калуга: ФБГОУ ВПО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», 2022. – С. 141–147.
8. Кирюхина Н. В. Иммерсивные технологии в обучении физике / Н. В. Кирюхина, Н. А. Плеханова // Проблемы современного педагогического образования, 2023. – № 79–2. – С. 133–136.
9. Кирюхин П. К. Психолого-педагогические аспекты использования виртуальной реальности в обучении студентов и школьников: взгляд разработчиков / П. К. Кирюхин, Н. В. Кирюхина, Н. А. Плеханова // Научные труды Калужского государственного университета имени К. Э. Циолковского. Серия Психолого-педагогические науки : Сборник материалов Шестых Калужских университетских чтений, Калуга, 10–11 апреля 2024 года. – Калуга: ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», 2024. – С. 77–82.
10. Количество сдающих ЕГЭ по физике резко сократилось // Поступи онлайн : [сайт]. – URL: <https://postupi.online/journal/novosti-ege/kolichestvo-sdayuschikh-ege-po-fizike-rezko-sokratilos/>
11. Разработка виртуального аналога уран-графитовой подкритической сборки и визуализация распределения нейтронного потока в виртуальной реальности / Кирюхин П., Щербаков А., Пугачев П., Романенко В., Хомяков Д., Тихомиров Г., Задеба Е. // Procedia Computer Science, 2020. – №169 – С. 192–197.
12. Федеральный проект «Развитие кадрового потенциала в сфере исследований и разработок» Паспорт национального проекта Наука (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 N 16 <https://sudact.ru/law/pasport-natsionalnogo-proekta-nauka-utv-prezidiumom-soveta/pasport/4/4.3>
13. Федеральная рабочая программа. Физика. 10–11 классы (базовый уровень). — М.: Институт развития стратегии образования, 2023. — 58 с.
14. Экспериментальные комплексы исследовательского финансирования реактора ИРТ МИФИ : Монография. – М.: НИЯУ МИФИ, 2013. – 10 с.

References

1. Analitika programmy «Prioritet 2030» // Prioritet 2030 : [sajt]. – URL: <https://priority2030.ru> (data obrashcheniya 11.02.25)
2. Virtual'nye analogi fizicheskikh stendov NIYaU MIFI / V. I. Romanenko, P. K. Kiryuhin, P. A. Pugachev, D. A. Homyakov, A. A. Shcherbakov, I. M. Yushin, G. V. Tihomirov // Avtomatizaciya v promyshlennosti. – 2021. – № 6. – S. 33-37.
3. V kazhdoj chetvertoj shkole net uchitelej fiziki // Nezavisimaya gazeta 17.12.24. – URL: https://www.ng.ru/editorial/2024-12-17/2_9158_red.html (data obrashcheniya 11.02.25)
4. V pogone za studentom. Vuzy snova zhdet nedobor na inzhenernye special'nosti? / Ezhenedel'nik «Argumenty i Fakty». № 30. 24.07.2024. – URL: <https://aif.ru/society/education/v-pogone-za-studentom-vuzy-snova-zhdet-nedobor-na-inzhenernye-specialnosti> (data obrashcheniya 11.02.25)

5. Zhabickij M. G. Konceptiya kompleksnogo cifrovogo dvojnika slozhnogo inzhenernogo ob"ekta na primere issledovatel'skogo reaktora NIYaU MIFI / M. G. Zhabickij, S. A. Ozherel'ev, G. V. Tihomirov // International Journal of Open Information Technologies. – 2021. №8. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontsepsiya-kompleksnogo-tsifrovogo-dvojnika-slozhnogo-inzhenernogo-obekta-na-primere-issledovatel'skogo-reaktora-niyau-mifi> (data obrashcheniya: 11.02.2025)
6. Zadeba E. A. Yadernaya fizika i VR: kak v MIFI nam udalos' podruzhit' sovremennuyu nauku, tekhnologii i obrazovatel'nyj process. – URL: <https://habr.com/ru/post/583878> (data obrashcheniya: 11.02.25).
7. Kiryuhina N. V. Cifrovye dvojniki yadernyh issledovatel'skih ustanovok v laboratornom praktikume dlya budushchih inzhenerov-fizikov / N. V. Kiryuhina, P. K. Kiryuhin // Sovremennye problemy professional'nogo obrazovaniya: tendencii i perspektivy razvitiya : Sbornik nauchnyh statej II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Kaluga, 12 noyabrya 2021 goda. – Kaluga: FBGOU VPO «Kaluzhskij gosudarstvennyj universitet im. K. E. Ciolkovskogo», 2022. – S. 141–147.
8. Kiryuhina N. V. Immersivnye tekhnologii v obuchenii fizike / N. V. Kiryuhina, N. A. Plekhanova // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya, 2023. – № 79–2. – S. 133–136.
9. Kiryuhin P. K. Psihologo-pedagogicheskie aspekty ispol'zovaniya virtual'noj real'nosti v obuchenii studentov i shkol'nikov: vzglyad razrabotchikov / P. K. Kiryuhin, N. V. Kiryuhina, N. A. Plekhanova // Nauchnye trudy Kaluzhskogo gosudarstvennogo universiteta imeni K. E. Ciolkovskogo. Seriya Psihologo-pedagogicheskie nauk : Sbornik materialov Shestyh Kaluzhskih universitetskikh chtenij, Kaluga, 10–11 aprelya 2024 goda. – Kaluga: FGBOU VO «Kaluzhskij gosudarstvennyj universitet im. K. E. Ciolkovskogo», 2024. – S. 77–82.
10. Kolichestvo sdayushchih EGE po fizike rezko sokratilos' // Postupi onlajn : [sajt]. – URL: <https://postupi.online/journal/novosti-ege/kolichestvo-sdayuschikh-ege-po-fizike-rezko-sokratilos/>
11. Razrabotka virtual'nogo analoga uran-grafitovoj podkriticheskoy sborki i vizualizaciya raspredeleniya nejtronnogo potoka v virtual'noj real'nosti / Kiryuhin P., Shcherbakov A., Pugachev P., Romanenko V., Homyakov D., Tihomirov G., Zadeba E. // Procedia Computer Science, 2020. - №169 - S. 192–197.
12. Federal'nyj proekt «Razvitie kadrovogo potenciala v sfere issledovanij i razrabotok» Pasport nacional'nogo proekta Nauka (utv. prezidiumom Soveta pri Prezidente RF po strategicheskomu razvitiyu i nacional'nym proektam, protokol ot 24.12.2018 N 16 <https://sudact.ru/law/pasport-natsionalnogo-proekta-nauka-utv-prezidiumom-soveta/pasport/4/4.3>
13. Federal'naya rabochaya programma. Fizika. 10–11 klassy (bazovyy uroven'). — M.: Institut razvitiya strategii obrazovaniya, 2023. — 58 s.
14. Eksperimental'nye komplekсы issledovatel'skogo finansirovaniya reaktora IRT MIFI : Monografiya. – M.: NIYaU MIFI, 2013. – 10 s.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЗНОВАТЕЛЬНЫХ ПРИМЕРОВ В КУРСЕ ФИЗИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Круковская Лидия Петровна

кандидат физико-математических наук, доцент, krukovskaya_lp@spbstu.ru

Леонова Наталья Алексеевна

кандидат педагогических наук, доцент, leonova_na@spbstu.ru

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251,
Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29 литера Б

Аннотация

В статье приводятся примеры, которые можно использовать в курсе физики для демонстрации практической значимости курса физики. Для активизации познавательного интереса студентов к освоению базового курса физики, на наш взгляд, необходимо активно демонстрировать взаимосвязь фундаментальных законов механики, термодинамики, оптики и других разделов, открытых несколько столетий назад, с их современными приложениями и перспективными направлениями развития науки и технологий.

Ключевые слова

Физика, пример, практическая направленность, популяризация инженерного образования.

USING COGNITIVE EXAMPLES IN A PHYSICS COURSE AT A TECHNICAL UNIVERSITY

Krukovskaya Lidiya P.

Candidate of Physico-mathematical Sciences, Associate Professor,
krukovskaya_lp@spbstu.ru

Leonova Natalia A.

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, leonova_na@spbstu.ru

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU), 195251, St.Petersburg,
Polytechnicheskaya, 29

Abstract

The article provides examples that can be used in a physics course to demonstrate the practical significance of a physics course. In order to activate the cognitive interest of students in mastering the basic course of physics, in our opinion, it is necessary to actively demonstrate the interrelation of the fundamental laws of mechanics, thermodynamics, optics and other sections discovered several centuries ago with their modern applications and promising areas of development of science and technology.

Keywords

Physics, example, practical orientation, popularization of engineering education.

Многие обучающиеся младших курсов зачастую полагают, что профессиональные компетенции и навыки формируются исключительно в процессе освоения узкоспециализированных дисциплин, вследствие чего недооценивают значимость изучения физики на начальном этапе обучения. Проведенные исследования, включающие анкетирование студентов и последующий анализ полученных данных,

позволяют психологам утверждать, что в условиях современного образовательного процесса традиционная лекция как основной источник передачи знаний утрачивает свою прежнюю значимость. Данная тенденция во многом обусловлена интенсивным развитием процессов глобальной цифровизации и информатизации общества. Вместе с тем возрастает актуальность лекций, выполняющих ориентирующую, мотивационную и консультативно-разъяснительную функции. Особое внимание уделяется формированию у студентов интереса к практической деятельности, что становится важным элементом образовательного процесса.

Для активизации познавательного интереса студентов к освоению базового курса физики, на наш взгляд, необходимо активно демонстрировать взаимосвязь фундаментальных законов механики, термодинамики, оптики и других разделов, открытых несколько столетий назад, с их современными приложениями и перспективными направлениями развития науки и технологий. Такой подход позволяет не только углубить понимание теоретических основ, но и показать их практическую значимость в решении актуальных задач.

Например, в рамках курса механики на первом курсе студенты знакомятся с законами сохранения энергии, импульса и момента импульса. Эти принципы лежат в основе расчетов траекторий движения летательных аппаратов в гравитационном поле Земли. В зависимости от начальных условий (скорости, угла запуска и других параметров) траектории могут принимать форму эллипса, параболы или гиперболы. Эллиптические траектории характерны для орбитального движения спутников, параболические — для достижения второй космической скорости, а гиперболические — для межпланетных перелетов.

Еще одним ярким примером, иллюстрирующим применение фундаментальных законов механики, является гироскоп. Гироскоп представляет собой тело, вращающееся с высокой угловой скоростью вокруг оси, закрепленной в его конструкции, чаще всего — оси симметрии. Простейшим аналогом гироскопа является детская игрушка — волчок. При раскручивании гироскоп демонстрирует удивительное свойство: его ось вращения не падает, а описывает коническую поверхность, совершая прецессионное движение с определенной частотой. При достаточно высокой скорости вращения время прецессии может быть значительным, что обеспечивает длительное сохранение ориентации оси вращения в пространстве.

Использование гироскопа, помещенного в карданов подвес, привело к созданию целого ряда навигационных приборов, которые сегодня играют ключевую роль в обеспечении точного позиционирования и ориентации на суше, в воздухе и на воде. В зависимости от конструкции карданова подвеса и способа фиксации его колес были разработаны такие устройства, как гирокомпас, гироскопический измеритель широты, гировертикаль и другие. Важно отметить, что гирокомпас, в отличие от магнитного компаса, указывает направление на географический Северный полюс Земли, что делает его независимым от внешних магнитных полей и обеспечивает высокую точность навигации в любых условиях.

Таким образом, демонстрация связи фундаментальных физических законов с их современными приложениями не только повышает интерес студентов к изучению курса физики, но и способствует формированию у них целостного представления о роли науки в развитии технологий и общества.

При изучении раздела «Электромагнетизм» целесообразно обратиться к работам Л. С. Термена, чья научная деятельность была тесно связана с Политехническим институтом. Одним из ключевых направлений его исследований стало изучение диэлектрической проницаемости газов, заполняющих пространство между металлическими пластинами, которые являлись частью колебательного контура. В ходе экспериментов Термен обнаружил, что изменение положения руки вблизи контура

приводит к изменению частоты его колебаний, что сопровождается генерацией звуковых волн. Это наблюдение легло в основу создания уникального музыкального инструмента — терменвокса, управление, которым осуществляется без физического контакта. [3]

Еще одним значимым изобретением Термена стала система, способная считывать вибрации оконных стекол с помощью отраженного инфракрасного луча. Эта технология позволяла осуществлять дистанционное прослушивание звуков в помещении, что стало важным шагом в развитии систем наблюдения и безопасности. [4]

Современные охранные системы оснащены разнообразными датчиками, которые выполняют функции «глаз» и «ушей». Любое нарушение целостности охраняемого объекта, например, приближение человека, вызывает срабатывание системы оповещения. Человеческое тело, обладая значительной электрической емкостью, при приближении к ограждению, подключенному к измерительной схеме, вызывает изменение величины и фазы переменного тока, что фиксируется электроникой.

Колебательные контуры также нашли применение в системах защиты товаров от краж в магазинах. Стандартные защитные наклейки представляют собой плоские колебательные контуры, настроенные на частоту работы антикражных систем. При деактивации на специальном устройстве, создающем мощное переменное магнитное поле, электрическая цепь контура разрушается, и он перестает реагировать на сигналы охранной системы.

Индукционные датчики, такие как металлоискатели, широко используются в аэропортах. Их работа основана на изменении индуктивности катушки при приближении к ней ферромагнитных или электропроводящих объектов.

В последние годы наблюдается повышенный интерес к высокочастотным емкостным (ВЧЕ) разрядам, особенно на частоте 13,56 МГц, что соответствует длине волны 22 метра. Для создания ВЧЕ разрядов переменное напряжение подается на электроды, часто плоскопараллельные, между которыми возникает разряд. Два основных направления применения ВЧЕ разрядов стимулируют их активное изучение. Во-первых, это использование разрядов среднего давления (10—100 Торр) для создания активной среды в высокоэффективных и компактных СО₂-лазерах. Во-вторых, применение ВЧЕ разрядов низкого давления (10⁻³–1 Торр) в процессах травления, нанесения тонких пленок и производства интегральных схем для микроэлектроники, что получило название «plasma processing».

Таким образом, изучение электромагнетизма не только раскрывает фундаментальные законы физики, но и демонстрирует их практическое применение в современных технологиях, что способствует повышению мотивации студентов к освоению данного раздела. [2]

Электрические явления играют ключевую роль в жизнедеятельности клеток и оказывают значительное влияние на физиологические процессы в живых организмах. Например, по уровню электропроводности клеток можно судить об их функциональном состоянии. Этот принцип активно используется в медицине: изучение электрической активности мозга позволяет диагностировать нервные и психические расстройства, а также выявлять заболевания сердечно-сосудистой системы. Различные ткани организма обладают разной способностью проводить электрический ток. Кровь, лимфа и мышечная ткань хорошо проводят постоянный ток, тогда как ногти и волосы практически не проводят его. Нервная ткань, жировая прослойка, сухожилия и кости обладают промежуточной проводимостью. Например, удельное сопротивление мышц составляет около 200 Ом·см, жировой ткани — 3000 Ом·см, в то время как у металлов этот показатель находится в диапазоне 10⁻⁶–10⁻⁴ Ом·см.[5]

Измерения электропроводности находят применение не только в медицине, но и в сельском хозяйстве. Например, для оптимального роста растений важно учитывать электропроводность почвы. Для бобовых культур, таких как горох, предпочтительна

низкая электропроводность (менее 2 мСм/см), тогда как для пшеницы, томатов, хлопка, шпината и сахарной свеклы допустимы более высокие значения — до 16 мСм/см.[5]

При изучении законов теплового излучения важно не только рассмотреть методы измерения температуры объектов в различных тепловых диапазонах — от высоких температур плавильных печей до сверхнизких температур, близких к абсолютному нулю, — но и обратить внимание на практическое применение этих законов. Любое тело, включая человека, излучает электромагнитные волны. Теплокровные организмы, такие как человек, выделяют тепло, что позволяет обнаруживать их с помощью пироприемников на фоне холодных объектов, например, стен. В таких устройствах используются линзы Френеля, которые формируют многолучевую зону чувствительности. В повседневной жизни подобные датчики применяются в системах автоматического открывания дверей.

Современные технологии анализа теплового излучения позволяют исследовать широкий спектр объектов: почвы, растения, облака, водные поверхности и льды. Для этого разработаны микроволновые радиометры, способные регистрировать электромагнитные волны с длиной от 1 см до 1 м. Эти устройства измеряют интенсивность теплового излучения (I), которая, согласно закону Кирхгофа, пропорциональна физической температуре тела (T) и его поглощательной способности. Поглощательная способность определяет долю энергии, поглощенной телом, а измеряемая радиометром величина называется яркостной температурой. Таким образом, радиометрический приемник фактически измеряет яркостную температуру по абсолютной шкале.

Микроволновые радиометрические методы дистанционного зондирования Земли находят все более широкое применение. Одним из ключевых преимуществ этих методов является возможность проведения всепогодных и круглосуточных измерений, например, температуры поверхности океана [1].

На наш взгляд, включение подобных примеров в процесс изучения различных разделов физики не только разнообразит учебный материал, но и помогает студентам лучше понять связь физических законов с явлениями окружающей жизни, что способствует повышению их интереса к предмету.

Список литературы

1. Показеев К. В., Чаплина Т. О., Чашечкин Ю. Д., С. В. Нестеров, В. А. Городцов Оптика океана: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2010-216с., ил.
2. Пустынникова И. Н., Мазалова Ю. Г. Активизация познавательной деятельности при изучении учащихся биологических классов при изучении физики путем использования межпредметных связей физики с биологией./ Пустынникова И. Н., Мазалова Ю. Г. //Теория и методика обучения математике, физике, информатике. 2005. Т. 5. № 2 (14). С. 281–285.
3. Самохин В. П., Мещеринова К. В 77-48211/706771 ДАВИД САРНОВ - КРЁСТНЫЙ ОТЕЦ РАДИОВЕЩАНИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ (1891–1971)/Самохин В. П., Мещеринова К. В //Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. № S1. С. 10.
4. Самохин В. П., Мещеринова К. В. ЛЕВ СЕРГЕЕВИЧ ТЕРМЕН (1896–1993)/Самохин В. П., Мещеринова К. В //Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2015. № 7. С. 281–344.
5. Сулова Н. И. Применение практико-ориентированных технологий при изучении физики по специальности «Механизация сельского хозяйства». «Актуальные направления развития техники и технологий в России и за рубежом – реалии, возможности, перспективы». Материалы и доклады II Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 185–188

References

1. Pokazeev K. V., Chaplina T. O., Chashechkin Yu. D., S. V. Nesterov, V. A. Gorodczov Optika okeana: Uchebnoe posobie. – M.: MAK S Press, 2010-216s., il.
2. Pusty`nnikova I. N., Mazalova Yu. G. Aktivizaciya poznovatel`noj deyatel`nosti pri izuchenii uchashhixsya biologicheskix klassov pri izuchenii fiziki putem ispol`zovaniya mezhpredmetny`x svyazej

- fiziki s biologiej./ Pusty`nnikova I. N., Mazalova Yu. G. //Teoriya i metodika obucheniya matematike, fizike, informatike. 2005. T. 5. № 2 (14). S. 281–285.
6. Samoxin V. P., Meshherinova K. V. 77-48211/706771 DAVID SARNOV - KRYoSTNY`J OTECz RADIOVESHhANIYa I TELEVIDENIYa (1891–1971)/Samoxin V. P., Meshherinova K. V. //Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N. E. Baumana. 2014. № S1. S. 10.
 7. Samoxin V. P., Meshherinova K. V. LEV SERGEEVICH TERMEN (1896–1993)/Samoxin V. P., Meshherinova K. V. //Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N. E. Baumana. 2015. № 7. S. 281–344.
 3. Suslova N. I. Primenenie praktiko-orientirovanny`x tehnologij pri izuchenii fiziki po special`nosti «Mexanizaciya sel'skogo xozyajstva». «Aktual`ny`e napravleniya razvitiya tekhniki i tehnologij v Rossii i za rubezhom – realii, vozmozhnosti, perspektivy`. Materialy` i doklady` II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2017. S. 185–188

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ «ВВЕДЕНИЕ В КВАНТОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ»: РАБОТЫ «КВАНТОВЫЙ ЛАСТИК» И «ГЕНЕРАЦИЯ
ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ ЛАЗЕРА НА КРИСТАЛЛЕ $Y_3Al_5O_{12}:Nd$ »**

Максимова Анастасия Николаевна

кандидат физико-математических наук, доцент, anmaksimova@mephi.ru

Клячин Николай Альбертович

кандидат физико-математических наук, доцент, naklyachin@mephi.ru

Матрончик Алексей Юрьевич

кандидат физико-математических наук, доцент, matronchik2004@mail.ru

Муравьев-Смирнов Сергей Сергеевич

старший преподаватель, smuraviev@list.ru

Самарченко Дмитрий Александрович

кандидат физико-математических наук, доцент, dasamarchenko@mephi.ru

Серебрякова Елена Михайловна

старший преподаватель, emserebryakova@mephi.ru

Шилов Владимир Александрович

кандидат физико-математических наук, доцент, vashilov@mephi.ru

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, 115409, Российская Федерация, Москва, Каширское шоссе, д. 31

Аннотация

Описана реализация двух лабораторных работ практикума «Введение в квантовые технологии» в рамках курса общей физики НИЯУ МИФИ. Реальные работы дополнены программной частью, направленной на обработку результатов измерений и более детальное изучение рассматриваемого явления. В работе «Квантовый ластик» студенты экспериментально наблюдают эффект стирания информации о траектории фотона при установке третьего поляризатора перед одним из экранов в интерферометре Маха-Цандера. Программная часть позволяет исследовать результаты интерференции фотонов, прошедших по верхнему и нижнему плечу интерферометра, при различном положении всех трех поляризаторов. В результате выполнения студенты представляют график зависимости видности интерференционных полос от угла поворота верхнего поляризатора, при этом нижний поляризатор установлен в положение «0». При выполнении лабораторной работы «Генерация второй гармоники лазера на кристалле $Y_3Al_5O_{12}:Nd$ » студенты экспериментально измеряют зависимость мощности излучения на частоте гармоники от мощности излучения на частоте основной волны, проверяют квадратичный характер данной зависимости. Программная часть состоит из двух этапов: изучение свойств нелинейного кристалла и обработка результатов измерений. В первой части студенты определяют обыкновенный и необыкновенный показатели преломления и угол синхронизма, рассчитывают величину когерентной длины при различном направлении распространения лазерного луча. Во второй части программа аппроксимирует результаты эксперимента степенной зависимостью. Вводя в программу измеренные значения интенсивности, студенты определяют показатель степени и его погрешность, делают вывод о соответствии результатов эксперимента и теории. В обеих работах реальная и виртуальная часть взаимно дополняют друг друга, выполнение виртуальной части способствует более глубокому усвоению материала студентами.

Ключевые слова

Квантовые технологии, лабораторный практикум, генерация второй гармоники, квантовый ластик, виртуальная лабораторная работа, курс общей физики.

LABORATORAL PRACTICUM 'INTRODUCTION TO QUANTUM TECHNOLOGIES': WORKS "QUANTUM LASTICLE" AND "GENERATION OF SECOND HARMONIC LASER ON $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Nd}$ "

Maksimova Anastasiia N.

candidate of physical and mathematical sciences, associate professor,
anmaksimova@mephi.ru

Klyachin Nikolay A.

candidate of physical and mathematical sciences, associate professor,
naklyachin@mephi.ru

Matronchik Alexey Yu.

candidate of physical and mathematical sciences, associate professor,
matronchik2004@mail.ru

Muravyev-Smirnov Sergey S.

senior lecturer, smuraviev@list.ru

Samarchenko Dmitry A.

candidate of physical and mathematical sciences, associate professor,
dasamarchenko@mephi.ru

Serebryakova Elena M.

senior lecturer, emserebryakova@mephi.ru

Shilov Vladimir A.

candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, vashilov@mephi.ru

National Research nuclear university MEPHI, 115409, Russian Federation, Moscow, Kashirskoe shosse, 31

Abstract

Implementation of two laboratory works of the workshop 'Introduction to Quantum Technologies' within the framework of the course of general physics of NRNU MEPHI is described. Real works are supplemented with a software part aimed at processing of measurement results and more detailed study of the phenomenon under consideration. In the work 'Quantum Eraser' students experimentally observe the effect of erasing information about the photon trajectory when a third polarizer is installed in front of one of the screens in the Mach-Zehnder interferometer. The software part allows them to investigate the results of interference of photons travelling along the upper and lower arms of the interferometer at different positions of all three polarizers. As a result, students present a graph of dependence of interference fringes visibility on the angle of rotation of the upper polarizer, with the lower polarizer set in the position '0'. When performing the laboratory work 'Generation of the second harmonic of the laser on the $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Nd}$ crystal' students experimentally measure the dependence of the radiation power at the frequency of the harmonic on the radiation power at the frequency of the main wave, check the quadratic nature of this dependence. The program part consists of two stages: studying the properties of the nonlinear crystal and processing the measurement results. In the first part students determine the ordinary and extraordinary refractive indices and the angle of synchronism, calculate the value of coherent length at different direction of laser beam

propagation. In the second part, the program approximates the results of the experiment by a degree relationship. Entering the measured values of intensity into the program, students determine the degree exponent and its error, conclude about the correspondence between the results of the experiment and the theory. In both works the real and virtual parts mutually complement each other, the virtual part contributes to deeper learning of the material by students.

Keywords

Quantum technologies, laboratory workshop, second harmonic generation, quantum eraser, virtual laboratory work, general physics course.

В современном мире все большее значение приобретают квантовые технологии [1-3], поэтому представляется необходимым получение выпускниками физических специальностей вузов базовых знаний в данной области. Для реализации этой задачи в программу 5 семестра курса общей физики НИЯУ МИФИ введено несколько лекций об основах квантовых вычислений и квантовой информации. Важной составляющей курса физики также является лабораторный практикум. Лабораторные работы «Квантовый ластик» и «Генерация второй гармоники лазера на кристалле $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Nd}$ » являются первыми работами, в курсе общей физики, имеющими и программную, и инструментальную часть.

Следует отметить, что большинство учебных работ по основам квантовых технологий являются виртуальными. Это связано с высокой стоимостью оборудования, а также его сложностью в обращении. Так, в практикуме [4] виртуальными являются все работы, кроме работы о генерации секретного ключа и об анализе шумов квантово-криптографической учебной установки.

Работа «Квантовый ластик» выполняется на оборудовании фирмы ThorLabs. Установка состоит из интерферометра Маха-Цандера с поляризаторами, установленными в каждом из двух плеч. Идеино опыт выполняется с одиночными фотонами, однако, его удастся осуществить и с сильно ослабленным лазерным излучением. Излучение, выходящее из лазера, поляризовано под углом 45° . Пусть сначала оба поляризатора в интерферометре установлены в положение 0. Фотоны, прошедшие по каждому из плеч интерферометра, после прохождения поляризаторов приобретают одинаковую вертикальную поляризацию, поэтому на экранах, установленных после второго делителя пучка, наблюдается интерференционная картина.

Повернем далее поляризатор, установленный на верхней траектории, в положение 90° . Таким образом, путь фотона приобретает определенность, и интерференционная картина исчезает. Эффект стирания информации о траектории обеспечивает третий поляризатор, установленный на выходе из интерферометра перед одним из экранов. Установка и поворот третьего поляризатора на 45° обеспечивает восстановление интерференционной картины и, таким образом, стирание информации о траектории фотона. Таким образом, экспериментальная часть работы позволяет качественно наблюдать эффект квантового ластика с помощью поворота третьего поляризатора.

Чтобы обеспечить возможность выполнения количественных измерений, нами была написана программная часть. Интерфейс программы показан на рис. 1. На верхнем графике отображается направление векторов электрического поля фотонов, прошедших по верхней (E_u) и по нижней (E_l) траектории. На нижнем графике отображается результат интерференции фотонов – зависимость интенсивности света от координаты вдоль интерференционной картины. Также программа рассчитывает видность интерференционных полос. Программа позволяет произвольно выбирать углы поворота поляризаторов, снимать и устанавливать третий поляризатор. Расчет запускается нажатием кнопки Start.

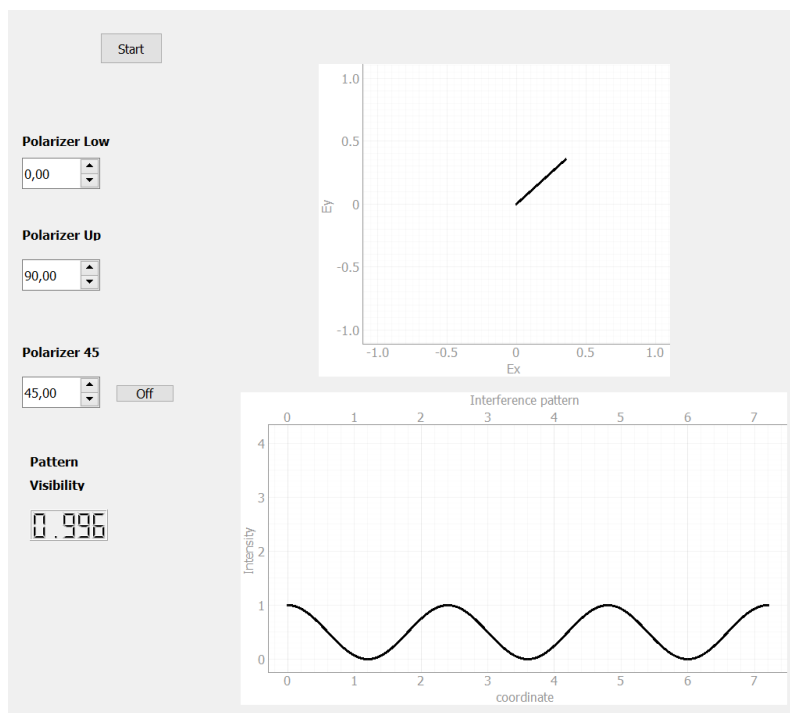


Рисунок 1 — Интерфейс программной части для работы «Квантовый ластик»

В ходе выполнения работы студентам необходимо получить зависимости видности интерференционных полос от угла поворота верхнего поляризатора. Нижний поляризатор при этом находится в положении «0». Найдем видность полос V , зная вектора электрического поля фотонов, прошедших через поляризаторы. Введем обозначения

$$E_1 = E_u \cos(\varphi_2 - \varphi_1),$$

$$E_2 = E_u \sin(\varphi_2 - \varphi_1).$$

Тогда для видности интерференционных полос имеем

$$V = \frac{(E_1 + E_2)^2 - (E_1 - E_2)^2}{(E_1 + E_2)^2 - (E_1 - E_2)^2 + 2E_2^2}.$$

В присутствии третьего поляризатора, ориентированного под углом 45° , перед одним из экранов, видность полос может быть рассчитана по формуле

$$V = \frac{(E_1 + E_2)^2 - (E_2 - E_1)^2}{(E_1 + E_2)^2 + (E_2 - E_1)^2}.$$

Данное соотношение справедливо и при произвольном значении угла поворота третьего поляризатора. В расчетную модель также введена погрешность для функции видности полос $\sim 1\%$. На рис. 2 (левая панель) показаны расчетные зависимости функции V от угла поворота поляризатора, находящегося на верхней траектории. При этом угол поворота поляризатора на нижней траектории постоянен и равен 0. При отсутствии третьего поляризатора («Pol. 45° ») видность полос монотонно уменьшается от максимального значения $V = 1$ при $\varphi_2 = 0$ до $V = 0$ при $\varphi_2 = 90^\circ$. Когда установлен третий поляризатор, функция видности полос достигает минимального значения при $\varphi_2 = 45^\circ$ и равна $V = 1$ при $\varphi_2 = 0$ и $\varphi_2 = 90^\circ$. Следует отметить, что при наличии третьего поляризатора V никогда не принимает значения 0.

Представляет интерес выполнить измерения при углах поворота поляризаторов, отличных от типичных для эксперимента. Для примера на рис. 2 (правая панель) показана зависимость видности полос при установке нижнего поляризатора в положение 90° .

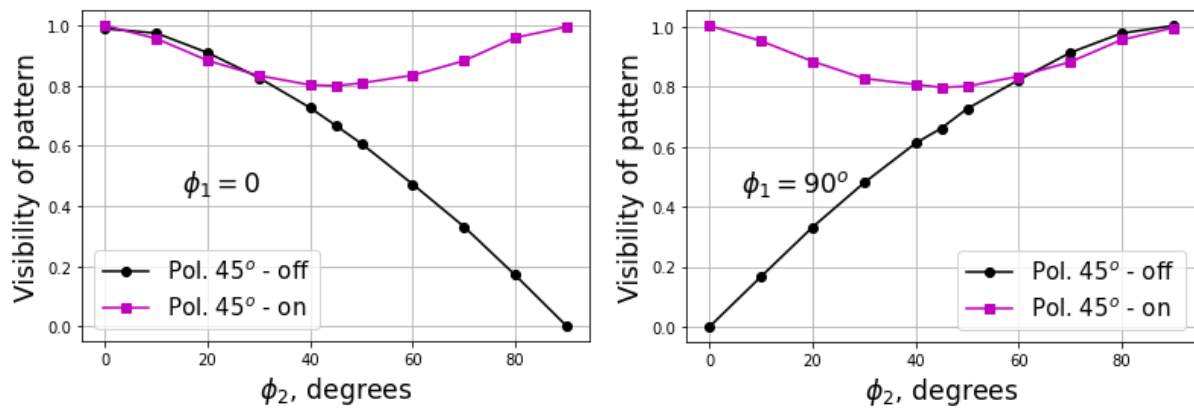


Рисунок 2 — Зависимость видности интерференционных полос от поворота верхнего поляризатора.

Второй работой, выполняемой на реальном оборудовании и имеющей программное дополнение, является работа о генерации второй гармоники неодимового лазера. Данное явление имеет как научный, так и практический интерес [5-8]. Генерация второй гармоники также широко представлена в рамках учебного лабораторного практикума [9,10].

В рамках лабораторного практикума на кафедре Общей физики экспериментальная часть работы выполняется на оборудовании фирмы «Фотонные технологические системы». В качестве нелинейного кристалла используется кристалл КТР.

Программная часть работы выполнена в виде окна, имеющего две вкладки (рис. 3). Задания первой вкладки направлены на изучение свойств нелинейного кристалла. После выставления в окошке длины волны (1.064 мкм в нашей реализации работы и нажатия кнопки Calculate программа представит зависимости n_o и n_e кристалла (по экспериментальным данным, взятым из литературы) и рассчитает величину угла фазового синхронизма. Далее студент вводит два значения угла, отличных от угла синхронизма, и программа рассчитывает зависимость относительной интенсивности второй гармоники от координаты вдоль кристалла и значения когерентной длины.

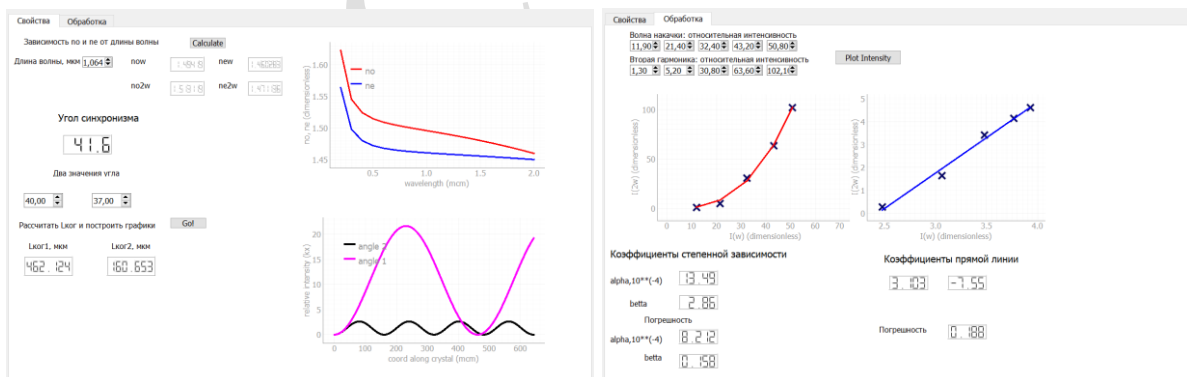


Рисунок 3 — Окно программы для работы «Генерация второй гармоники»: вкладки Свойства и Обработка

Интенсивность волны на частоте второй гармоники определяется решением уравнений Максвелла в нелинейной среде. Данная интенсивность может быть записана в виде

$$P^{(2\omega)} = 2 \left(\frac{\mu_0}{\varepsilon_0} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{\omega^2 (d_{ijk})^2 L^2}{n^3} (P^{(\omega)})^2 \frac{\sin^2 \left(\frac{\Delta k L}{2} \right)}{\left(\frac{\Delta k L}{2} \right)^2}$$

Здесь d_{ijk} – компоненты тензора нелинейной восприимчивости, L – значение координаты вдоль кристалла, $\Delta k = k(2\omega) - 2k(\omega) = \frac{2\omega}{c}(n^{2\omega} - n^\omega)$ (k – волновой вектор). При выполнении условия фазового синхронизма $n^{2\omega} = n^\omega$ интерференционный множитель обращается в единицу. В общем случае произвольного направления распространения волны мощность второй гармоники периодически зависит от L . В окне программы необходимо задать два значения угла между оптической осью и направлением распространения волны. После нажатия кнопки Go! программа построит графики относительной интенсивности $P^{(2\omega)}$.

Полученная экспериментально зависимость в работе $P^{(2\omega)}$ от $(P^{(\omega)})$ аппроксимируется степенной зависимостью вида $y = \alpha x^\beta$. В окна в левом верхнем углу необходимо ввести по 5 значений измеренной интенсивности основной волны (волна накачки) и волны второй гармоники. После нажатия кнопки Plot Intensity программа построит графики в обычном и двойном логарифмическом масштабе и рассчитает коэффициенты степенной зависимости и их погрешности. Вид вкладки с введенными типичными результатами измерений представлен на рис. 3 справа. Видно, что экспериментально полученный показатель степени отличается от 2. В данной работе необходимо иметь в виду, что зависимость мощности инфракрасного излучения (основная волна) от тока инжекции измеряется в отсутствие держателя с нелинейным кристаллом в резонаторе. Для измерения мощности излучения второй гармоники держатель с кристаллом вводится в резонатор, что неизбежно меняет его параметры.

Таким образом, представлена реализация двух лабораторных работ в рамках практикума «Введение в квантовые технологии» в курсе общей физики НИЯУ МИФИ. Каждая из работ имеет экспериментальную и программную часть. Программная часть позволяет студентам глубже изучить теорию рассматриваемого явления и обработать результаты измерений.

Работа выполнена в рамках создания учебно-научного комплекса «Физический практикум по квантовым технологиям» для реализации приоритетных направлений подготовки, предусмотренных программой Приоритет 2030 НИЯУ МИФИ.

Список литературы

1. Maleki Y., Liu J., Zubairy M. S. Quantum eraser from duality-entanglement perspective / Maleki Y., Liu J., Zubairy M. S. Physical Review A. – 2021. – Т. 104. – №. 4. – С. 042207.
2. La Cour B. R., Yudichak T. W. Classical model of a delayed-choice quantum eraser / La Cour B. R., Yudichak T. W. Physical Review A. – 2021. – Т. 103. – №. 6. – С. 062213.
3. Bracken C., Hance J. R., Hossenfelder S. The quantum eraser paradox / Bracken C., Hance J. R., Hossenfelder S. arXiv preprint arXiv: 2111.09347. – 2021.
4. Квантовая информатика. Лабораторный практикум: Учебное пособие / Ю. Т. Мазуренко, С. А. Чивилихин, А. И. Трифанов [и др.]. – СПб: Университет ИТМО, 2009 – 59 с.
5. Aghigh A. Second harmonic generation microscopy: a powerful tool for bio-imaging / Aghigh A. Biophysical Reviews. – 2023. – Т. 15. – №. 1. – С. 43-70.
6. Chen J. High-performance second-harmonic-generation (SHG) materials: new developments and new strategies / Chen J. Accounts of Chemical Research. – 2021. – Т. 54. – №. 12. – С. 2775-2783.
7. Bhalla P. Resonant second-harmonic generation as a probe of quantum geometry / Bhalla P. Physical Review Letters. – 2022. – Т. 129. – №. 22. – С. 227401.
8. Gui G. Second-harmonic generation and the conservation of spatiotemporal orbital angular momentum of light / Gui G. Nature Photonics. – 2021. – Т. 15. – №. 8. – С. 608-613.
9. Безпальный А. Д. Генерация второй гармоники твердотельного лазера на кристалле YAG:Nd³⁺: Методические указания к лабораторным работам / А. Д. Безпальный, А. Е. Мандель. — Томск: ТУСУР, 2023. — 13 с.— Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10659>
10. Опарин Е. Н. "Фемтосекундная оптика и фемтотехнологии" и "Терагерцовые технологии и фемтооптика": учебно-методическое пособие / Е. Н. Опарин, А. О. Набилкова, А. Н. Цыпкин. – СПб: Университет ИТМО, 2022. – 39 с.

References

1. Maleki Y., Liu J., Zubairy M. S. Quantum eraser from duality-entanglement perspective / Maleki Y., Liu J., Zubairy M. S. *Physical Review A*. – 2021. – T. 104. – №. 4. – C. 042207.
2. La Cour B. R., Yudichak T. W. Classical model of a delayed-choice quantum eraser / La Cour B. R., Yudichak T. W. *Physical Review A*. – 2021. – T. 103. – №. 6. – C. 062213.
3. Bracken C., Hance J. R., Hossenfelder S. The quantum eraser paradox / Bracken C., Hance J. R., Hossenfelder S. *arXiv preprint arXiv: 2111.09347*. – 2021.
4. Quantum computer science laboratory workshop / Mazurenko Yu. T., Chivilikhin S. A., Trifonov A. I., Orlov V. V., Egorov V. I. – Sankt-Peterburg: Universitet ITMO, 2009 – 59 p.
5. Aghigh A. Second harmonic generation microscopy: a powerful tool for bio-imaging / Aghigh A. *Biophysical Reviews*. – 2023. – T. 15. – №. 1. – C. 43-70.
6. Chen J. High-performance second-harmonic-generation (SHG) materials: new developments and new strategies / Chen J. *Accounts of Chemical Research*. – 2021. – T. 54. – №. 12. – C. 2775-2783.
7. Bhalla P. Resonant second-harmonic generation as a probe of quantum geometry / Bhalla P. *Physical Review Letters*. – 2022. – T. 129. – №. 22. – C. 227401.
8. Gui G. Second-harmonic generation and the conservation of spatiotemporal orbital angular momentum of light / Gui G. *Nature Photonics*. – 2021. – T. 15. – №. 8. – C. 608-613.
9. Bezpalyj A. D. Generation of the second harmonic of a solid-state laser on a yag crystal: Nd³⁺: Methodological guidelines for laboratory work for students of technical fields of study and specialties / A. D. Bezpalyj, A. E. Mandel'. — Tomsk: TUSUR, 2023 – 13 p. — <https://edu.tusur.ru/publications/10659>
10. Oparin E. N. Laboratory workshop on "Femtosecond Optics and Femtotechnology" and "Terahertz technologies and Femtooptics": the training manual is recommended for use at ITMO University / E. N. Oparin, A. O. Nabilkova, A. N. Cypkin. – St. Petersburg: Universitet ITMO, 2022 – 39 p.

МНОГОСТУПЕНЧАТАЯ ПОДГОТОВКА УЧАЩИХСЯ К ОБУЧЕНИЮ В ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛАХ

Фаддеев Михаил Андреевич

кандидат физико-математических наук, доцент, faddeev@yandex.ru

Масленникова Юлия Владимировна

доктор педагогических наук, доцент, maslennikova167@yandex.ru

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 603022,
Российская Федерация, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, 23

Аннотация

В статье рассматривается система подготовки учащихся к обучению в передовых инженерных школах в рамках дополнительного образования способствующая формированию мотивации и развитию исследовательских умений и навыков.

Ключевые слова

Дополнительное образование, довузовская подготовка, многоуровневые экспериментальные задачи, передовые инженерные школы.

MULTI-STAGE STUDENT PREPARATION FOR LEARNING IN ADVANCED ENGINEERING SCHOOLS

Faddeev Mikhail A.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
faddeev@yandex.ru

Maslennikova Yulia V.

Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor maslennikova167@yandex.ru

Lobachevsky Nizhny Novgorod State University, 23 Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod,
603022, Russian Federation

Abstract

The article examines the system of preparing students to study at advanced engineering schools within the framework of additional education, which contributes to the formation of motivation and the development of research skills.

Keywords

Additional education, pre-university training, multilevel experimental tasks, advanced engineering schools.

Требованием времени является разработка новых технологий, создателями которых должны быть высококвалифицированные специалисты [1]. Для подготовки таких специалистов в ряде университетов РФ организованы Передовые инженерные школы (ПИШ), программы которых сохраняют глубокую подготовку по фундаментальным дисциплинам [2].

В Нижегородском госуниверситете им. Н.И. Лобачевского Передовая инженерная школа предназначена для подготовки специалистов в области «Космическая связь, радиолокация и навигация». Выпускники ПИШ готовятся для работы в Роскосмосе, Росатоме и других важнейших государственных корпорациях. Значительная часть этого важного правительственного задания была поручена Нижегородскому исследовательскому физико-техническому институту (НИФТИ). Основное требование

обучения студентов в ПИШ – максимально возможное приближение к освоению реальных физико-технических систем.

Сложность и большой объём материала, который изучается будущими инженерами-физиками в стенах вуза, требуют разработки системы многолетней и многоуровневой довузовской подготовки школьников, выбирающих в дальнейшем физико - техническое направление обучения. Большая часть содержания подготовки разработана и апробирована в течение последних двух лет. Она включает в себя несколько этапов.

На 1-м этапе организуются занятия физикой с группами учащихся 5 - 7 классов согласно разработанным педагогами физического факультета программам раннего обучения физике [3] и программ «Кванториума» ННГУ [4]. Учащиеся получают единое экспериментальное задание для всей группы и выполняют его на занятии индивидуально. Любое экспериментальное задание предполагает несколько различных уровней его содержания (репродуктивный, реконструктивный и творческий). В ходе выполнения задания творческого уровня поощряется вариативность методов, которые могут быть предложены учащимся. Более длительный срок обучения дает возможность выстроить систему экспериментальных заданий, усложняя их в рамках одной темы и постепенно выводя их содержание на исследовательский уровень. При этом необходимо учитывать тот факт, что математический аппарат физики становится доступным лишь с определенного возраста, когда у учащихся сформировано абстрактное мышление. Следовательно, на раннем этапе обучения учащихся, нужны особые эвристические подходы в обучении и задания, которые учащиеся первоначально могут выполнить на качественном уровне или произвести необходимые расчеты с применением элементарной математики.

На 2 этапе учащимся 8 - 9 классов предлагается курс по решению задач, в том числе и экспериментальных. Занятия проводятся в малых группах (по 3-4 человека). В дальнейшем из общей тематики малой группы вырастают индивидуальные учебно - исследовательские работы (УИР), которые учащиеся выполняют в специально оборудованных лабораториях физфака и физико-технического института (НИФТИ). Целью таких работ является проведение полноценного экспериментального исследования на теоретической базе элементарной физики.

На 3 этапе, когда основные экспериментальные навыки сформированы, учащиеся 10-11 классов привлекаются к выполнению научно-исследовательских работ (НИР) по тематике лабораторий НИФТИ и кафедр физического факультета ННГУ [5]. Результаты УИР и НИР (или их части) представляются на различных региональных и всероссийских конференциях и конкурсах.

Приведем пример экспериментальной задачи, предлагаемой учащимся 6 класса, завершающим изучение пропедевтического курса физики, в рамках которого они изучили закон прямолинейного распространения света и закон отражения света [6]. Задание на построение хода лучей выводится на творческий уровень благодаря тому, что наряду с непрозрачным предметом, отбрасывающим тень, используется зеркало [7, с.235]. Учащимся предлагается построить теоретическую модель явления, доказав, что в предлагаемой ими оптической системе в области тени появится светлый участок (рис.1), затем проверить ее экспериментально (рис.2).

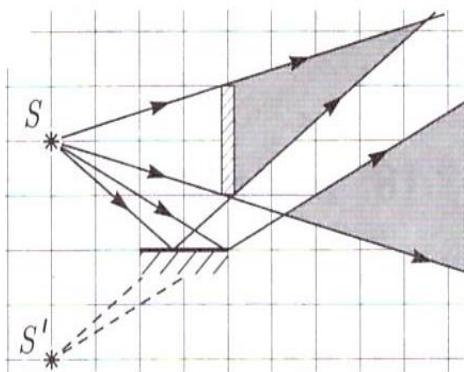


Рисунок 1



Рисунок 2

В 8 классе, на занятиях в малых группах, задача выводится на исследовательский уровень, тем, что наряду с построением чертежа требуется произвести расчет величины области тени, устанавливая симметрично два зеркала (рис.3,4).

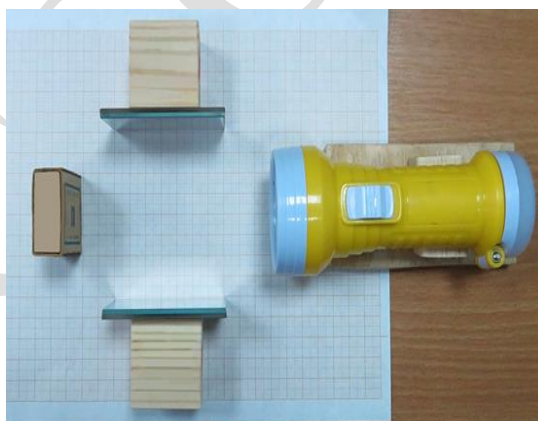


Рисунок 3

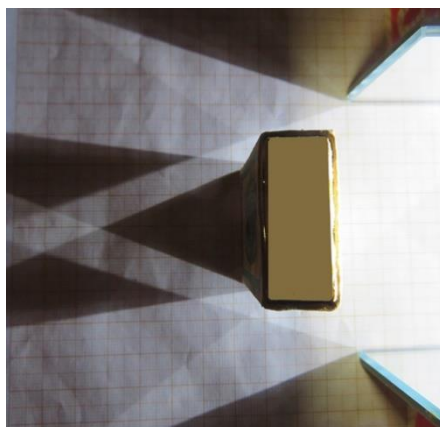


Рисунок 4

Покажем один из вариантов решения задачи [8, с.22 - 27]. Пользуясь законом отражения, выразим искомую величину через угол α , показанный на рис.5:

$$H = b \frac{\operatorname{tg}(\alpha)}{2} \quad (1)$$

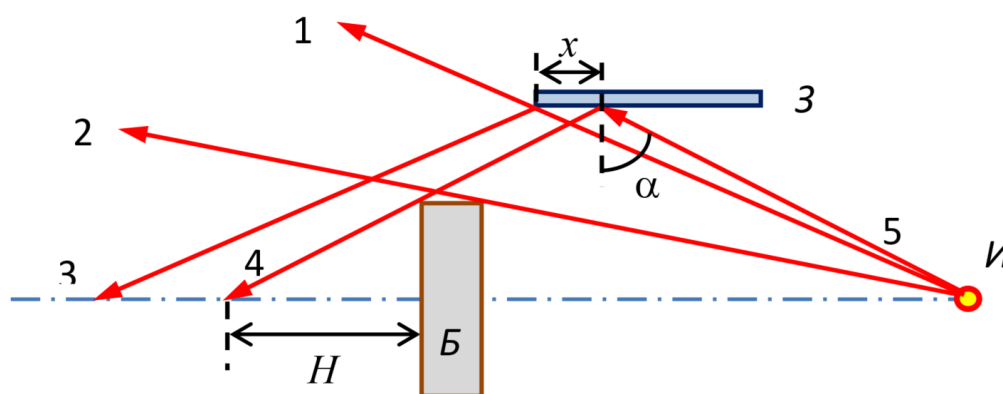


Рисунок 5

Угол связан с величиной x , которая определяет положение точки, где луч 5 отражается от зеркала 3 и даёт отражённый луч 4 (см.рис.5). Для вычисления тангенса угол α используем чертёж (рис.6)

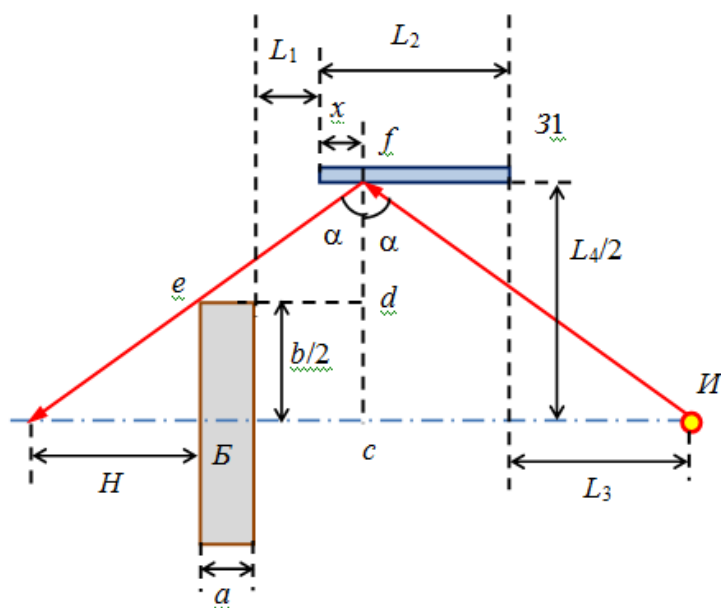


Рисунок 6

Выразим тангенс угла α из прямоугольных треугольников $Иfc$ и dfe , где f – точка отражения луча от зеркала $З1$ (см.рис.6).

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{L_2 + L_3 - x}{L_4/2} \quad (2)$$

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{x + L_1 + a}{(L_4 - b)/2} \quad (3)$$

Приравнивая правые части последних равенств, получим уравнение для вычисления расстояния x . Решение можно получается в виде:

$$x = \frac{(L_2 + L_3)(L_4 - b) - (L_1 + a)L_4}{2L_4 - b} \quad (4)$$

Эксперимент проводится в затемнённой лаборатории. На поверхности стола чётко наблюдаются рассчитанные ранее пучки света (см. рис.4). Длина полной тени за барьером H фиксируется по миллиметровым делениям. В эксперименте, показанном на рис.5, линейные размеры имели следующие значения: $L_1 = 20$ мм, $L_2 = 70$ мм, $L_3 = 35$ мм, $L_4 = 80$ мм, $a = 19$ мм и $b = 39$ мм. Расчёт по формулам (1) – (4) даёт величину $H \approx 46$ мм. По фото на рис.4 видно, экспериментальное значение длины тени H совпадает с расчётным с точностью до 1 мм.

Выполняя подобные эксперименты, школьники (будущие инженеры-физики) приучаются к сложившемуся (проверенному веками) процессу развития техники, основанному на выводах экспериментальной и теоретической физики.

Список литературы

1. «О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ». Постановление правительства РФ от 8.04.22. № 619.

- https://engineers2030.ru/upload/medialibrary/085/ykqnqbnv54wn89kt5127ndedy69xdp1pq/pr_110422_619.pdf
2. Комплексный план мероприятий по повышению качества математического и естественно-научного образования на период до 2030 года. Утвержден распоряжением Правительства РФ от 19.11.2024 г. №1333-р. <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-19112024-n-3333-r-ob-utverzhdanii/>
 3. Масленникова Ю. В. Формирование умений учащихся использовать научный метод познания в системе основного и дополнительного физического образования: дис. ...докт. пед. наук.13.00.02 / Масленникова Юлия Владимировна; науч. конс. Гребенев И. В. ННГУ им. Н. И. Лобачевского. Н. Новгород, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. –2019. - 250 с.табл. + [131] л. прил.
 4. Титаева Е. К., Лебедева О. В., Масленникова Ю. В., Чупрунов Е. В. Формирование профессионального самоопределения учащихся в учебно-исследовательской деятельности по физике: Монография / Е. К. Титаева, О. В. Лебедева, Ю. В. Масленникова, Е. В. Чупрунов. - Н. Новгород, Издательство Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского. –2024. - 188 с.
 5. Андреев П.В. Как написать и защитить школьную научно-исследовательскую работу по физике. Учебно-методическое пособие / Андреев П. В., Фаддеев М. А. Н. Новгород. Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н. И. Лобачевского, 2021.- 72с.
 6. Масленникова Ю. В. Физика 5-6 класс: учебно – методическое пособие/ Масленникова Ю. В.; науч. ред. д.п.н., проф. И. В. Гребенева. - Н. Новгород. Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н. И. Лобачевского, 2018. – 259 с.
 7. Сборник задач для подготовки к олимпиадам по физике. Тепловые явления. Постоянный ток. Оптика. 8 класс. Авторский коллектив: А. А. Киреев, В. П. Слободянин, Г. М. Корепанов, Г. С. Зикрацкий. Под ред. М. Ю. Замятнина. – Сочи. 2018. - 359с.
 8. Масленникова Ю. В., Фаддеев М. А. Экспериментальные задачи по физике. Геометрическая оптика: учебное пособие. Н. Новгород. Издательство Нижегородского госуниверситета. 2021. - 100 с.

References

1. "On measures of state support for programs for the development of advanced engineering schools." Decree of the Government of the Russian Federation No. 619 dated 04/8/12. https://engineers2030.ru/upload/medialibrary/085/ykqnqbnv54wn89kt5127ndedy69xdp1pq/pr_110422_619.pdf
2. A comprehensive action plan to improve the quality of mathematical and natural science education for the period up to 2030. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated 19.11.2024 №1333-R. <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-19112024-n-3333-r-ob-utverzhdanii/>
3. Maslennikova Yu. V. Formation of students' skills to use the scientific method of cognition in the system of basic and additional physical education: dis. ...Doctor of pedagogical Sciences.13.00.02 / Maslennikova Yulia Vladimirovna; scientific cons. Grebenev I. V. N. I. Lobachevsky National Research University. N. Novgorod, Nizhny Novgorod Lobachevsky State University. -2019. - 250 p.tab. + [131] L. adj.
4. Titaeva E. K., Lebedeva O. V., Maslennikova Yu. V., Chuprunov E. V. Formation of professional self-determination of students in educational and research activities in physics: A monograph / E. K. Titaeva, O. V. Lebedeva, Yu. V. Maslennikova, E. V. Chuprunov. - N. Novgorod, Publishing House of Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky. -2024. - 188 p.
5. Andreev P. V. How to write and defend a school research paper on physics. Educational and methodical manual / Andreev P. V., Faddeev M. A. N. Novgorod. Publishing House of Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky, 2021.- 72s.
6. Maslennikova Yu. V. Physics 5th – 6th grade: an educational and methodical manual/ Maslennikova Yu. In; scientific ed. by Doctor of Pedagogical Sciences, Professor I. V. Grebeneva, N. Novgorod. Publishing House of Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky, 2018. – 259 p.
7. Collection of tasks for preparation for Olympiads in physics. Thermal phenomena. Direct current. Optics. 8th grade. Team of authors: A. A. Kireev, V. P. Slobodyanin, G. M. Korepanov, G. S. Zikrsky. Edited by M. Y. Zamyatnin. – Sochi. 2018. 359 p.
8. Maslennikova Yu. V., Faddeev M. A. Experimental problems in physics. Geometric optics: a textbook. N. Novgorod. Publishing House of Nizhny Novgorod State University. 2021. - 100 p.

СОВРЕМЕННЫЕ ТИПЫ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

Чеусова Лолита Александровна

преподаватель кафедры физики, математики и информатики, cheusoval@yandex.ru

Шемякина Светлана Александровна

зав. кафедрой физики, математики и информатики, доктор педагогических наук,
доцент, sa.shemyakina@mail.ru

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
Минздрава России, 400066 — г. Волгоград, пл. Павших Борцов, зд. 1.

Аннотация

В статье рассматривается проблема модернизации преподавания физики для будущих инженеров направления подготовки «Биотехнические системы и технологии» в контексте современных требований к инженерному образованию. Обосновывается необходимость пересмотра традиционных, преимущественно теоретических, методик обучения в пользу современных, практико-ориентированных подходов, способствующих формированию у студентов необходимых профессиональных компетенций. Проведен анализ инновационных образовательных технологий, таких как проблемное обучение (PBL), основанное на решении реальных инженерных задач, проектное обучение (PjBL), предполагающее разработку и реализацию долгосрочных проектов, обучение на основе моделирования (Simulation-Based Learning), позволяющее визуализировать сложные физические процессы, и активные методы обучения, направленные на повышение вовлеченности студентов в учебный процесс. Особое внимание уделено роли информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) в повышении наглядности, доступности и интерактивности обучения, а также в обеспечении доступа к актуальной научной информации. В статье представлены конкретные примеры успешного применения описанных методик в учебных заведениях, демонстрирующие их положительное влияние на мотивацию студентов, качество усвоения материала, развитие аналитических и творческих способностей, а также на формирование практических навыков, необходимых для работы в высокотехнологичных отраслях. Сделан вывод о том, что внедрение современных типов обучения физике, адаптированных к специфике направления «Биотехнические системы и технологии», является ключевым фактором повышения качества подготовки специалистов, способных решать сложные инженерные задачи, разрабатывать и внедрять инновационные технологии в биотехнической отрасли. Подчеркивается важность дальнейшего исследования и совершенствования этих подходов для соответствия требованиям динамично развивающегося рынка труда и подготовки конкурентоспособных инженерных кадров.

Ключевые слова

Физика в вузе, подготовка инженеров, биотехнические системы и технологии, биоинженерия, современные методики обучения.

MODERN TYPES OF TEACHING FUTURE ENGINEERS OF 'BIOTECHNICAL SYSTEMS AND TECHNOLOGIES' TRAINING DIRECTION TO PHYSICS

Cheusova Lolita A.

Lecturer at the Department of Physics, Mathematics and Informatics,
cheusoval@yandex.ru

Shemykina Svetlana A.

Head of the department of physics, mathematics and computer science, Dr. ped. sciences,
associate professor, sa.shemyakina@mail.ru

Volgograd State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, 400066
- Volgograd, Pashykh Bortsov Square, building. 1

Abstract

The article deals with the problem of modernization of physics teaching for future engineers of “Biotechnical Systems and Technologies” training direction in the context of modern requirements to engineering education. The article substantiates the necessity of revision of traditional, mainly theoretical, teaching methods in favor of modern, practice-oriented approaches that promote the formation of necessary professional competencies in students. The analysis of innovative educational technologies, such as problem-based learning (PBL) based on solving real engineering problems, project-based learning (PjBL) involving the development and implementation of long-term projects, Simulation-Based Learning (SBL) allowing visualization of complex physical processes, and active learning methods aimed at increasing students' involvement in the learning process is carried out. Special attention is paid to the role of information and communication technologies (ICT) in making learning more visible, accessible and interactive, as well as in providing access to up-to-date scientific information. The article presents specific examples of successful application of the described methods in educational institutions, demonstrating their positive impact on student motivation, quality of learning, development of analytical and creative abilities, as well as on the formation of practical skills necessary for work in high-tech industries. It is concluded that the introduction of modern types of physics teaching, adapted to the specifics of the direction “Biotechnical Systems and Technologies”, is a key factor in improving the quality of training of specialists capable of solving complex engineering problems, developing and implementing innovative technologies in the biotechnical industry. The importance of further research and improvement of these approaches to meet the requirements of the dynamically developing labor market and training of competitive engineering personnel is emphasized.

Keywords

Physics in higher education, engineering training, biotechnical systems and technologies, bioengineering, modern teaching methods.

Успешная подготовка инженеров биотехнических систем не ограничивается углубленным изучением биологических и инженерных дисциплин, она требует также фундаментальной подготовки в области физики. Будучи основополагающей наукой, физика определяет принципы работы множества технологий и процессов, используемых в биотехнических системах, от сложного медицинского оборудования и диагностических инструментов до систем экологического мониторинга и биосенсоров.

Ориентация традиционных способов обучения физике на абстрактные теоретические знания зачастую недостаточна для формирования необходимых компетенций у студентов инженерных специальностей, в особенности у инженеров, профессиональная деятельность которых связана с биотехническими системами. Для успешного усвоения физики и ее применения в будущей профессиональной деятельности необходимо, чтобы студенты понимали ее практическую значимость [1]. В связи с этим, возникает острая необходимость в разработке и внедрении современных методик преподавания физики, адаптированных к потребностям и специфике данного направления подготовки и способствующих формированию прикладных компетенций.

В связи со стремительным ростом биотехнических систем и технологий, инженеры, работающие в этой области, должны обладать способностью к непрерывному профессиональному развитию. Современное преподавание физики должно быть ориентировано на формирование не только фундаментальных знаний, но и навыков самостоятельного обучения, аналитического мышления, эффективного решения проблем и применения физических знаний в практической деятельности, что является ключевым для успешной карьеры будущего инженера [6].

Разрыв между теоретическими знаниями и практическими навыками, обусловленный недостаточной эффективностью традиционных подходов к обучению физике, наряду с низкой мотивацией студентов, может привести к снижению качества подготовки специалистов и их конкурентоспособности на рынке труда. Преодоление этого разрыва путем поиска и внедрения современных, ориентированных на практику методик преподавания физики, является насущной и важной задачей.

Для повышения эффективности обучения физике будущих инженеров направления подготовки «Биотехнические системы и технологии» рекомендуется использование:

- проблемного обучения, которое ставит студентов перед необходимостью решения реальных проблем из области биотехнических систем, требующих применения физических знаний, что способствует развитию навыков самостоятельного поиска информации, анализа данных и выработки решений, что позволяет им лучше подготовиться к будущей профессиональной деятельности. Примером может служить разработка системы мониторинга жизненно важных параметров пациента, требующая знания принципов действия датчиков, электроники и обработки данных.

- проектного обучения, представляющего собой междисциплинарный подход к поисковой учебной и научной информации в смежных областях знания. Работая над долгосрочными проектами, направленными на создание или совершенствование биотехнических систем в рамках проектного обучения физике, будущие инженеры приобретают знания из областей физики, инженерии и биологии для решения разных инновационных задач. Например, студенты могут разрабатывать прототипы инновационных биосенсоров для мониторинга загрязнения окружающей среды, что позволяет не только применять знания физики, но и развивать навыки командной работы и эффективной презентации результатов. Примерами других проектов могут служить создание модели искусственного органа или разработка нанотехнологической системы доставки лекарственных препаратов [4].

- обучения на основе моделирования с применением компьютерных моделей и симуляций для интерактивной визуализации физических процессов и явлений, происходящих в биотехнических системах. Такой тип обучения физике в вузе предоставляет студентам возможность экспериментировать с различными параметрами, наблюдать за их влиянием на процессы и, как следствие, углублять понимание физических принципов. Примерами могут служить моделирование распространения ультразвука в биологических тканях или симуляция работы электрокардиостимулятора [2]. На основе моделирования возможно создание интерактивных симуляций, позволяющих студентам визуализировать и лучше понимать сложные физические процессы, например, такие как перенос веществ через биологические мембраны.

- активного обучения, предполагающего применение интерактивных методов, таких как дискуссии, дебаты, групповые задания, ролевые игры и презентации, для активного вовлечения студентов. Это способствует развитию коммуникативных навыков, критического мышления и способности к эффективному сотрудничеству.

- обучения с применением информационных и коммуникационных технологий, обеспечивающих студентам доступ к разнообразным ресурсам и инструментам, например, мультимедиа лекций, интерактивных учебников, онлайн-курсов, виртуальных лабораторий и других информационно-коммуникационных технологий, позволяющих

сделать учебный материал более наглядным и доступным, а также обеспечить возможность онлайн взаимодействия с преподавателями и другими студентами. В качестве примера можно привести использование виртуальных лабораторий для выполнения экспериментов, представляющих сложности или опасность в реальной среде [5].

Успешным примером обучения физике будущих инженеров любой профессиональной направленности является проблемное обучение, т.к. обучающиеся вуза могут изучать физику через решение кейсов, связанных с разработкой и применением профильного оборудования, что способствует повышению их интереса к точным наукам и улучшению усвоения метапредметного учебного материала [3].

Действенность современных способов обучения физике оценивается по их влиянию на успеваемость, мотивацию и развитие аналитических и творческих способностей студентов, а также по формированию практических навыков, необходимых для работы в области биотехнических систем, улучшению результатов государственной аттестации и повышению конкурентоспособности выпускников на рынке труда, что в конечном итоге определяет их профессиональные перспективы. Несмотря на эффективность проблемного, проектного обучения, обучения на основе моделирования, активного обучения с использованием информационно-коммуникационных технологий все еще остается открытым вопрос о методике обучения физике будущих инженеров, реализующих профессиональную деятельность в области медицины и современного здравоохранения, а также рациональном применении разных видов обучения физике в вузе.

Список литературы

1. Алексеенко А. В. Педагогические условия оптимизации процесса обучения физике будущих инженеров / А. В. Алексеенко, А. Е. Алексеенко // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2018. – № 1(82). – С. 104-114. – DOI 10.23859/1994-0637-2018-1-82-15.
2. Варганов М. В., Леднева А. В., Проничев В. В., Кузнецов Е. П. Исследование акустических свойств материалов для создания 3д-тренажера пункции подключичной и внутренней яремной вен // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26921> (дата обращения: 10.02.2025).
3. Инженерный кейс: от практических задач до инновационных решений: сборник инженерных кейсов по итогам научно-образовательной конференции «Метод инженерных кейсов: достижения и вызовы будущего» с использованием материалов Международного инженерного чемпионата «CASE-IN» / под ред. Е. С. Воронцовой; Томский политехнический университет. – Томск, 2019. – 269 с.
4. Кузякова Л. М., Черницова М. А. Инновационные технологии эффективной доставки в организм человека известных активных веществ // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22384> (дата обращения: 10.02.2025).
5. Севостьянов Р. А., Попов А. П. Опыт создания стендов удаленного доступа для проведения школьных лабораторных работ по физике // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2014. № 10. С. 792-798. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-sozdaniya-stendov-udalennogo-dostupa-dlya-provedeniya-shkolnyh-laboratornyh-rabot-pofizike> (дата обращения: 10.02.2025).
6. Шишелова Т. И., Коновалов Н. П., Павлова Т. О. Прикладные исследования в области физики. роль физики в инженерном образовании // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-17. – С. 3850-3854.

References

1. Alekseenko A. V. Pedagogical conditions for optimizing the process of teaching physics to future engineers / A. V. Alekseenko, A. E. Alekseenko // Vestnik of Cherepovets State University. - 2018. - № 1(82). - S. 104-114. - DOI 10.23859/1994-0637-2018-1-82-15.
2. Varganov M. V., Ledneva A. V., Pronichev V. V., Kuznetsov E. P. Study of acoustic properties of materials for the creation of 3d-trainer for subclavian and internal jugular vein puncture // Modern Problems

- of Science and Education. - 2017. - № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26921> (date of address: 10.02.2025).
3. Engineering case: from practical problems to innovative solutions: a collection of engineering cases based on the results of the scientific and educational conference "The method of engineering cases: achievements and challenges of the future" using the materials of the International Engineering Championship "CASE-IN" / edited by E. S. Vorontsova ; Tomsk Polytechnic University. - Tomsk, 2019. - 269 s.
 4. Kuzyakova L. M., Chernitsova M. A. Innovative technologies for effective delivery of known active substances into the human body // Modern Problems of Science and Education. - 2015. - No. 2-2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22384> (date of reference: 10.02.2025).
 5. Sevostyanov R. A., Popov A. P. Experience in creating remote access stands for school laboratory works on physics // Modern Information Technologies and IT-education. 2014. № 10. С. 792-798. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-sozdaniya-stendov-udalennogo-dostupa-dlya-proveniia-shkolnyh-laboratornyh-rabot-pofizike> (date of reference: 10.02.2025).
 6. Shishelova T. I., Kononov N. P., Pavlova T. O. Applied research in physics. the role of physics in engineering education // Fundamental Research. - 2015. - № 2-17. - S. 3850-3854.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ
ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ
НЕПРЕРЫВНОГО ОЧНОГО ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В
УСЛОВИЯХ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ И ТРЕБОВАНИЙ К ПОДГОТОВКЕ
СПЕЦИАЛИСТОВ**

Чирцов Александр Сергеевич¹

доктор технических наук, профессор, alex_chirtsov@mail.ru

Алексеева Ольга Сергеевна¹

кандидат физико-математических наук, доцент, o.alek@rambler.ru

Чирцов Тимофей Александрович²

студент, teamheightline@mail.ru

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 197101, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А

² Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 191186, Российская Федерация, Санкт-Петербург, набережная реки. Мойки, д. 48

Аннотация

Обсуждаются варианты использования системы Электронного Сопровождения Массового Многоуровневого Индивидуализированного Обучения (ЭСММИО) для поддержки преподавания физики в рамках многопрофильной инженерной подготовки. Обосновывается необходимость существенного расширения количества уровней полноты и сложности содержащихся в библиотеке ЭСММИО ресурсов. Обсуждается устойчивость платформы в условиях затрудненного доступа пользователей из различных регионов и государств к хорошо зарекомендовавшим себя общедоступным интернет-хостингам, используемым масштабируемой библиотекой ЭОР ЭСММИО. В качестве востребованных форм активного освоения материала предлагаются развитые в рамках ЭСММИО ресурсы для полуавтоматизированного создания интерактивных компьютерных моделей сложных физических систем и оригинальная система обучающего индивидуализированного тестирования.

Ключевые слова

Индивидуализированное обучение, образовательные траектории, искусственный интеллект, цифровая среда обучения.

**USING DIGITAL INDIVIDUALIZED TEACHING SYSTEM TO SUPPORT
CONTINUOUS FULL-TIME ENGINEERING EDUCATION IN THE CONTEXT
OF INCREASING DIFFERENTIATION OF EDUCATIONAL PROGRAMS AND
REQUIREMENTS FOR TRAINING SPECIALISTS**

Chirtsov Alexander S.¹

Dr.hab.technical sciences, professor, alex_chirtsov@mail.ru

Alekseeva Olga S.¹

physical and mathematical sciences, o.alek@rambler.ru

ChirtsovTimofey A.²

student, teamheightline@mail.ru

¹ ITMO University, 197101, Russian Federation, Saint-Petersburg, Kronverkskiy pr., 49A

Abstract

The article discusses options for using digital teaching system to support teaching physics in the context of multidisciplinary engineering training. The need for a significant expansion of the number of levels of completeness and complexity of resources contained in the digital system's library is substantiated. The sustainability of the platform is discussed under the circumstances of difficult access for users from different regions and countries to well-known open-access Internet hosting services used by the library. The resources developed within the system for the semi-automated creation of interactive computer models of complex physical systems and the original system of educational individualized testing are proposed as popular forms of active mastering of the material.

Keywords

Personalized education, educational trajectories, artificial intellect, digital teaching system.

Качественная подготовка инженерных кадров приобретает стратегическое значение для экономического развития в современных условиях. Многообразие форм и направлений инженерной деятельности определяет непрерывно расширяющийся спектр программ фундаментальной физико-математической подготовки для будущих специалистов различных профилей. Учебные программы все более различаются по объемам аудиторных часов, приоритетности изучения тех или иных разделов, требований к глубине освоения материала, перечнем компетенций. В создавшихся условиях организация эффективного обучения осложняется усугубляющимися различиями в уровнях исходной подготовки обучающихся, их мотивации и заинтересованностью в результатах обучения. В рамках системы массового образования перечисленные вызовы создают реальные проблемы для всех участников учебного процесса – и преподавателей, и обучаемых, и администраторов. Естественным выходом из потенциально конфликтной ситуации является трудно осуществимая в условиях массового образования индивидуализация обучения. Развиваемая авторами в течение последних лет электронная образовательная платформа ЭСММИО, ориентированная на электронное сопровождение массового многоуровневого индивидуализированного обучения дисциплинами физико-математического профиля демонстрирует свою пригодность для решения упомянутых проблем путем создания индивидуальных траекторий как для учащихся, так и для преподавателей в рамках особенностей каждого из образовательных треков. Представляется полезным изложить основные варианты использования возможностей ЭСММИО в условиях необходимости решения большого набора сильно различающихся между собой и быстро меняющихся во времени учебно-педагогических задач.

Проблемы повышения качества и эффективности многопрофильного инженерного образования своей многозадачностью подводят к давно сформулированной задаче обеспечения индивидуального подхода на всех уровнях образования. Можно, однако, констатировать, что в сфере массового образования лозунг о необходимости перехода к индивидуализированному обучению, по существу, так и остается лозунгом по сей день. Работоспособное решение проблемы требует создания большого числа параллельных учебных программ и курсов, создания системы распределения учащихся по уровням и степени мотивации, мониторинга усвоения курсов и т.д. Последнее затрудняет практическую реализацию давно декларируемой идеи в массовом образовании. Однако, современные информационные и телекоммуникационные технологии, включая

технологии искусственного интеллекта (ИИ), создают предпосылки для частичного решения перечисленных проблем, практически без привлечения дополнительных ресурсов для персонификации образования. Разумеется, речь не идет о попытках замене деятельности реального преподавателя ИИ-технологиями, по крайней мере, в ближайшее время. На сегодняшний день представляется разумной оптимизация распределения обучаемых по направлениям и потокам с целью обеспечения наилучшего соответствия преподаваемого материала и форм обучения индивидуальным возможностям, интересам и амбициям учащихся. На первых этапах этой чрезвычайно сложной и деликатной формы образовательной деятельности речь даже не идет об организации удаленного обучения у преподавателей, наиболее соответствующих менталитету и запросам обучаемых и/или, как минимум, создания ресурса для эффективного сопровождения индивидуализированной самоподготовки и переподготовки. В качестве первого этапа представляется целесообразным использование технологий ИИ для организации самостоятельной работы и самостоятельного дообучения учащихся, проходящих базовую часть обучения в традиционной форме. Для создания многоуровневого индивидуализированного контента для самостоятельного обучения не требуются дополнительных организационных усилий по привлечению к этому преподавателей, поскольку уровни сложности, полноты и стиля изложения учебного материала у каждого преподавателя и без того являются индивидуальными. Многопараметрическая и трудно алгоритмизируемая задача классификации уже имеющихся, наработанных материалов и их предоставления учащимся соответствует возможностям технологий искусственного интеллекта (ИИ).

По-видимому, одной из первых попыток реализации такого подхода явилось создание ЭСММИО, в которой к настоящему времени уже накоплено более 5000 образовательных ресурсов разного уровня сложности, разных медийных форматов и соответствующих разным педагогическим школам [1]. Грубая начальная классификация ресурсов осуществлялась разбиением на 5 уровней сложности. Уже на начальных этапах заполнения системы контентом создателями системы была осознана необходимость более тонкой стратификации материалов по подуровням внутри каждой группы. Трудность формализации подобной процедуры предопределила решение о ее передаче искусственному интеллекту. В настоящее время постоянно масштабируемая по контентному наполнению система с расширяющимся функционалом используется как в преподавании физико-математических дисциплин школ с углубленным изучением, так и в высших учебных заведениях [2]. Система открыта для свободного использования лицами, склонными к самообразованию или желающими решить свои индивидуальные проблемы в обучении (ликвидировать имеющиеся пробелы или, наоборот, углубить знания в какой-то теме). В настоящее время электронная библиотека содержит более 5 тысяч ЭОР различных уровней сложности, число зарегистрированных пользователей системы приближается к 25000.

Представляется целесообразным более подробно остановиться на структуре созданной системы и ее сервисах, представляющих интерес для решения актуальных задач инженерной подготовки.

Учитывая большое разнообразие приоритетных тематик, соответствующих разным специализациям, и широкий диапазон уровней требований к подготовке по физике, представляется полезной реализованный в ЭСММИО многофункциональный редактор ресурсов и курсов, способной генерировать оригинальные ресурсы и курсы, используя обширный банк уже созданных ЭОР. В настоящее время электронная библиотека ЭСММИО содержит более 5500 ЭОР по практически всем тем основным темам курсов фундаментальной физики, которые преподаются в средних школах, физмат лицеях, технических вузах и на младших курсах бакалавриатов физических факультетов

классических университетов. Все материалы библиотеки ресурсов систематизированы по нескольким категориям: по физическому рубрикатору, по типу медийных носителей, по авторам, по уровню полноты и сложности материалов.

Первоначально в ЭСММИО планировалось 5 уровней: для массовых выпускников средних учебных заведений (школ), для мотивированных выпускников школ с углубленным изучением отдельных предметов (профильных школ), для массовой части студентов, для мотивированных и успешных студентов, для выпускников университетов и так вплоть до специалистов[3]. В ходе пятилетнего наполнения библиотеки возникли дополнительные новые категории: для самообучающихся, для тех, кому «очень трудно», в научно-популярном стиле, физические эксперименты и явления, компьютерные модели и виртуальные лаборатории, физика на пленере. К последней категории отнесены варианты изложения материала с минимальным использованием математики. Этот тип ресурсов может быть полезен широкой аудитории пользователей, начиная с тех, кто только приступает к изучению курса физики, вплоть до желающих завершить освоение максимально математизированного варианта изложения курса формированием такого трудно определяемого качества как собственное научное мировоззрение.

Имеющиеся в ЭСММИИ две разные системы поиска и отбора ресурсов (по предметному рубрикатору и по неформализованным индивидуальным запросам) ориентированы как на широкие группы пользователей, так и на преподавателей, решающих задачу оперативного создания нового курса, имеющего уникальную предметную специфику. Интерфейс автоматизированной системы создания курсов, как правило, ориентирует преподавателей на формирование 3-4 линеек учебных материалов, различающихся по уровню сложности и стилю подачи материала, что позволяет слушателям (самостоятельно или с их тьютерами) строить свои индивидуальные учебные траектории в соответствующем теме курса информационном пространстве. Опыт использования системы показал, что большинство пользователей не склонны использовать автоматизированные возможности формирования контента, а предпочитает самостоятельный визуальный отбор из материалов, находящихся в их поле зрения. По этой причине в настоящее время начато создание итоговых курсов по основным разделам (механика, молекулярная физика и термодинамика, электромагнетизм, оптика, релятивистская физика, квантовая физика, проблемы современной физики), в которых представлен практически весь собранный материал размещенный в хронологически стандартном порядке изучения курса физики и одновременно классифицированный по всем сформировавшимся уровням сложности (10 уровней) (рисунок 1).

Учебные материалы размещаются авторами на удобных для них хостингах, включая собственные ресурсы для хранения материалов. До недавнего времени большинство одобренных для ЭСММИО качественных ресурсов оказалось размещенными на платформе Youtube, обеспечивающей быстрый удаленный доступ к мультимедийному контенту для большого числа пользователей, включая ресурсоёмкие (например, панорамные стереовидео или интерактивные онлайн модели многочастичных систем). Возникшие недавно сложности с использованием размещенного на Youtube контента, сделали актуальным вопрос о расширении функционала ЭСММИО на предоставление пользователям и разработчикам возможности выбора платформы для обращения к контенту или его размещению. В настоящую версию ЭСММИО в качестве базовых добавлены платформы Rutube и Vk, а также возможность включения в ЭСММИО ресурсов, размещенных на выбранных автором произвольных (но обязательно открытых) интернет-платформах. Ведутся работы по дублированию наиболее востребованных ресурсов на трех основных платформах – Youtube, Rutube и Vk. По мере использования ЭСММИО возрастает количество созданных на ее базе конкретных курсов, которые проходят периодическую

корректировку их авторами, а также создаются вновь (по 2-3 каждый семестр). ЭСММИО также используется в школьном образовании, формирующем базу для обучения в вузе. Включение в ЭСММИО школьных ресурсов представляется важным с точки зрения реализации давно декларируемой идеи перехода к непрерывному образованию. Имеющийся в системе редактор курсов позволяет преподавателям легко и быстро создавать курсы, используя как свои оригинальные разработки, так и имеющиеся в библиотеке ЭСММИО ЭОР-модули других авторов.

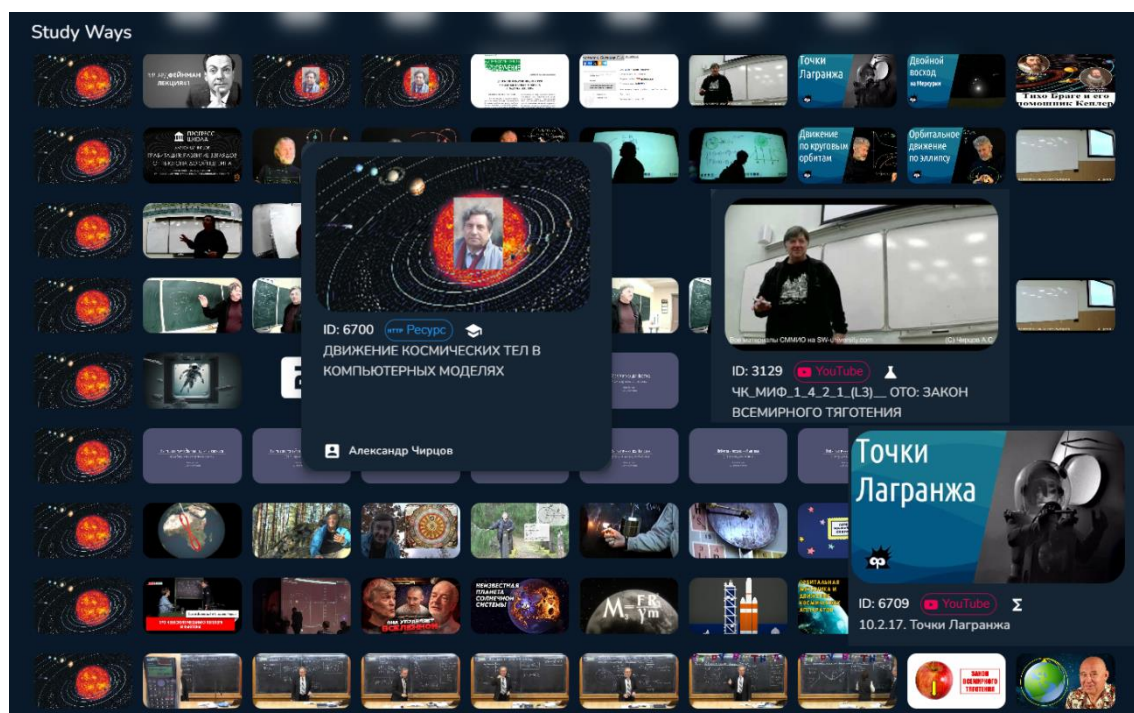


Рисунок 1 – Фрагмент пользовательского экрана по теме «Классический закон движения космических тел» для обучающегося

Подготовка инженеров подразумевает, помимо освоения теоретической базы, приобретение навыков активного использования знаний как в ходе проектной деятельности, так и в области проведения самостоятельных поисковых работ, вплоть до мини-исследований. Указанные задачи решаются в ЭСММИО путем сопряжения системы с оригинальной разработкой авторов проекта, представляющей собой автоматизированный онлайн-конструктор интерактивных моделей сложных физических систем (рисунок 2) [4].

На базе этого конструктора создана библиотека интерактивных виртуальных моделей-симуляций, иллюстрирующих теоретические построения в курсах механики, молекулярной физики, электродинамики и оптики. Имеющийся конструктор интерактивных физических моделей также может использоваться для создания виртуальных лабораторных работ по курсу физики, не только дублирующих имеющиеся работы учебного практикума, но и дополняющих и расширяющих их.

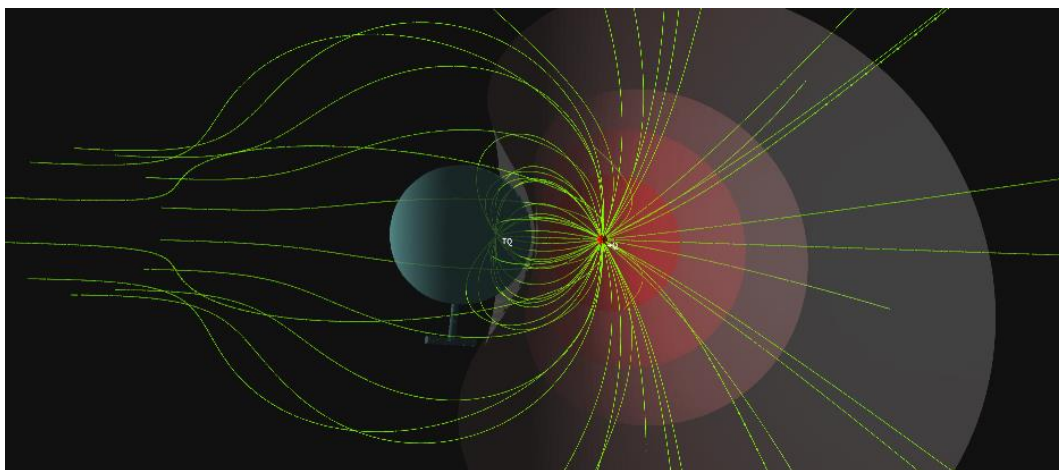


Рисунок 2 — Пример интерактивной модели, иллюстрирующей метод изображений в электростатике, созданной с помощью JavaScript - конструктора

Дополнительной инновацией в ходе модернизации лабораторного практикума является создание электронных мультимедийных описаний реальных лабораторных работ. Преимуществами электронных описаний по сравнению с традиционными текстовыми являются не только лучшее соответствие нового формата восприятию учащимися нового поколения и простота модернизации и корректировки такого типа пособий, но и возможность размещения в них мультимедийных вставок с видеозаписями примеров практических приемов работы на реальных экспериментальных установках и технического обслуживания последних.

В реальной инженерной деятельности возможны ситуации, когда у разработчика возникает потребность в теоретических знаниях из тех областей, в которых он не получал достаточной фундаментальной подготовки. В рамках идеологии проекта в этом случае представляется целесообразным предоставить пользователю минимум информации, позволяющей ему быстро сориентироваться в соответствующей теме. Для решения этой проблемы в ЭСММИО существует специальная библиотека минимальных знаний, материалы которой соответствуют программам минимальных требований по курсам соответствующих разделов физики и математики.

В условиях необходимости быстрой подготовки специализированных курсов возникает естественная необходимость оперативного создания соответствующих содержанию контрольно-измерительных материалов, позволяющих оперативно оценить уровень базовых знаний учащихся. С этой целью в ЭСММИО развита система электронного обучающего тестирования, ориентированная не только на проведение контрольных мероприятий, но и на самопроверку учащимися достигнутого ими уровня освоения основ и базовых знаний [5].

Все перечисленные идеи вполне осуществимы и в настоящее время уже реализуются в реальном учебном процессе. Однако, следует осознавать, что их внедрение может привести к реальному повышению качества обучения лишь в том случае, если все участники учебного процесса (и учащиеся, и преподаватели, и организаторы, и работодатели) будут проявлять реальную заинтересованность в реальном повышении этого качества.

Список литературы

1. Внедрение системы цифрового адаптивного сопровождения обучения физике в практику инженерного образования /О. С. Алексеева, Т. А. Чирцов, Ch. Yuan, Д. Никольский // В сб. трудов Международной научной конференции «Физика в системе современного образования (ФССО 2023)». – 2023. – С. 4-12

2. Чирцов А. С. Реализация электронных курсов для смешанного обучения базовым дисциплинам: обобщение результатов на примере технических ВУЗов Санкт-Петербурга / Чирцов А. С., Курашева С. А., Зубок Д. А. // Современное педагогическое образование №1, 2023., С. 252 - 255.
3. Digital teaching system StudyWays© as a new educational concept / A. Chirtsov, O. Alekseeva, T. Chirtsov, N. Dmitry // IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON. – 2022. – P. 739–745.
4. Чирцов А. С. JAVASCRIPT-генератор интерактивных компьютерных моделей для удаленных курсов (МООС) по физике / А. С. Чирцов, Д. Ю. Никольский, В. М. Микушев // В сб. трудов XV Межд. Конф.: ФССО-2019. – 2019. – С. 399-403.
5. Алексеева О. С. Концепция и опыт применения системы электронного адаптационного тестирования в преподавании физики / О. С. Алексеева, А. С. Чирцов, Т. А. Чирцов // В сб. трудов Международной научной конференции «Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании». – 2022. – С. 389-392.

References

1. Vnedrenie sistemy cifrovogo adaptivnogo soprovozhdeniya obucheniya fizike v praktiku inzhenerного образованиya / O. S. Alekseeva, T. A. Chirtsov, Ch. Yuan, D. Nikol'skij // V sb. Trudov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Fizika v sisteme sovremennogo obrazovaniya (FSSO 2023)». – 2023. – S. 4-12
2. Chirtcov A. S. Realizaciya elektronnyh kursov dlya smeshannogo obucheniya bazovym disciplinam: obobshchenie rezul'tatov na primere tekhnicheskikh VUZov Sankt-Peterburga / Chirtsov A. S., Kurasheva S. A., Zubok D. A. // Sovremennoepedagogicheskoeobrazovanie №1, 2023., S. 252 - 255.
3. Digital teaching system StudyWays© as a new educational concept / A. Chirtsov, O. Alekseeva, T. Chirtsov, N. Dmitry // IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON. – 2022. – P. 739–745.
4. Chirtcov A. S. JAVASCRIPT-generator interaktivnyh komp'yuternyh modelej dlya udalennyh kursov (MOOS) po fizike / A. S. Chirtsov, D. YU. Nikol'skij, V. M. Mikushev // V sb. trudov XV Mezhd. Konf.: FSSO-2019. – 2019. – S. 399-403.
5. Alekseeva O. S. Konceptiya i opyt primeneniya sistemy elektronного adaptacionного testirovaniya v prepodavanii fiziki / O. S. Alekseeva, A. S. Chirtsov, T. A. Chirtsov // V sb. Trudov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Informatizaciya obrazovaniya i metodika elektronного obucheniya: cifrovye tekhnologii v obrazovanii». – 2022. – S. 389-392.

ЭЛЕКТИВНЫЙ КУРС ДЛЯ СТУДЕНТОВ 3 И 4 СЕМЕСТРА НИЯУ МИФИ «ИСТОЧНИКИ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»

Шмайснер Йоханн^{1,2}

инженер, yokhan.schmeissner@itep.ru

¹ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», 123182, Российская Федерация, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

² Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 115409, Российская Федерация, Москва, Каширское ш., 31

Аннотация

Использование синхротронного излучения в научных исследованиях позволяет получить крайне важные результаты в изучении свойств материи в области физики, химии, биологии и др. В целях реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030» для актуализации программы обучения и подготовки будущих научных кадров в НИЯУ МИФИ был создан курс «Источники синхротронного излучения» для студентов 3-го «Электричество и Магнетизм» и 4-го «Волны и Оптика» семестров обучения. В курсе показано историческое развитие источников рентгеновского и синхротронного излучения вплоть до современных исследовательских мегасайенс проектов. Рассмотрены свойства синхротронного излучения и приведено аналитическое описание физических процессов его генерации.

Ключевые слова

Образовательный курс, источники синхротронного излучения, синхротронное излучение.

THE ELECTIVE COURSE FOR THE 3 AND 4 SEMESTER STUDENTS OF THE NRNU MEPhI «SYNCHROTRON RADIATION SOURCES»

Schmeissner Johann^{1,2}

engineer, yokhan.schmeissner@itep.ru

¹ National Research Center «Kurchatov Institute», 123182, Russian Federation, Moscow, Akademika Kurchatova sq., 1

² National Research Nuclear University «MEPhI», 115409, Russian Federation, Moscow, Kashirskoe sh., 31

Abstract

The use of synchrotron radiation in scientific research enables the achievement of critically important results in studying the properties of matter in fields such as physics, chemistry, biology, and others. As part of the implementation of the "Priority 2030" strategic academic leadership program, aimed at updating the educational curriculum and training future scientific personnel, the National Research Nuclear University MEPhI has introduced a course titled "Sources of Synchrotron Radiation" for students in the 3rd ("Electricity and Magnetism") and 4th ("Waves and Optics") semesters. The course outlines the historical development of X-ray and synchrotron radiation sources, up to modern megascience research projects. It explores the properties of synchrotron radiation and provides an analytical description of the physical processes involved in its generation.

Keywords

Educational course, synchrotron radiation sources, synchrotron radiation.

Введение

С момента открытия в 1895 г. рентгеновского излучения (X – лучей) немецким физиком Вильгельмом Конрадом Рентгеном (первая нобелевская премия по физике – 1901 г.) до настоящего времени развитие техники получения рентгеновского излучения и его применения в исследованиях претерпело значительные изменения и улучшения. Дальнейшим развитием источника рентгеновского излучения стало получение синхротронного излучения (СИ), в открытии которого помог, как и в случае с рентгеновским излучением от катодной трубки, фактор случайности. СИ было обнаружено в 1947 г. на американском синхротроне, ускорителе электронов фирмы «Дженерал Электрик», молодым инженером Флойдом Хабером (ассистентом Поллока). Поначалу это излучение считалось неприятным побочным эффектом ускорительного процесса электрона, поскольку оно уносило немалую часть его энергии. Однако впоследствии, после тщательного исследования характеристик этого излучения, были обнаружены его уникальные свойства как инструмента для научных исследований.

В рамках конкурса «Молодой преподаватель» в НИЯУ МИФИ был составлен элективный курс «Источники синхротронного излучения» для студентов 3-го и 4-го семестров обучения общей физики с целью более глубокого изучения применения теории электромагнетизма и волн. Выбор тематики курса был связан с непосредственным опытом автора в области научно-исследовательской работы – рассеянии нейтронного и синхротронного излучения, актуальной потребностью в подготовке профессиональных научных кадров, а также широким спектром экспериментальных методик и областей применения СИ.

Теория синхротронного излучения

Первые шаги к теоретическому описанию процесса синхротронного излучения провел Льенар (1898 г.), обобщив формулу Лармора мощности излучения ускоренной заряженной частицы для релятивистского случая [1,2]. Также в 1912 г. Шотт пытался рассчитать спектр и пространственное распределение излучения электронов в атоме [3]. Ближе всего к предсказанию СИ подошли советские ученые Д. Д. Иваненко, И. Я. Померанчук и Л. А. Арцимович [4-6], описавших предельную энергию радиационных потерь электронов в бетатроне – индукционном ускорителе, в котором электроны движутся в нарастающем во времени однородном магнитном поле, и обнаруживших, что для электронов с энергией 80-100 МэВ излучение стоит искать не в микроволновом диапазоне, а в области видимого спектра. В. Л. Гинзбург (нобелевская премия по физике – 2003 г.) также внес огромный вклад в развитие СИ, предсказав в 1947 г. ондуляторное синхротронное излучение [7].

Электромагнитная природа СИ позволяет студентам разобраться в его спектральных волновых и корпускулярных особенностях путем несложных оценок по формулам энергии фотонов $E = \hbar\omega$ и длины волны $\lambda = 2\pi c/\omega$, где ω – циклическая частота. Общая картина положения СИ в спектре электромагнитного излучения представлена на рисунке 1.

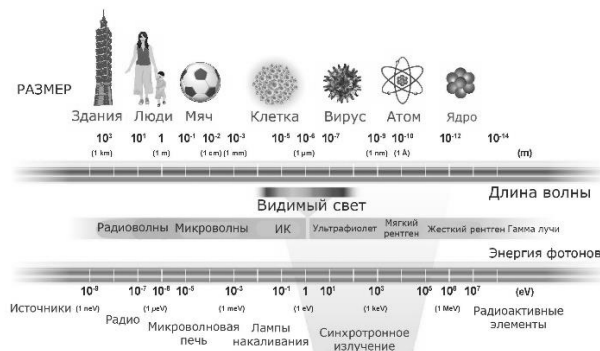


Рисунок 1 — Спектр электромагнитного излучения с энергией фотонов (эВ) и длиной волны (м). Также показаны характерные источники и размеры объектов исследования

Из геометрических соображений распространения электромагнитных волн и с помощью основного выражения из теории электромагнитных волн для вектора плотности потока энергии переносимой волной $\vec{S} = [\vec{E} \times \vec{H}]$, где $\vec{E}$ и $\vec{H}$ – напряженности электрической и магнитной составляющих волны, можно получить знаменитую формулу Лармора для полной мощности излучения ускоренно движущегося нерелятивистского заряда:

$$P = \frac{2 q^2 a^2 (t')}{3 4\pi\epsilon_0 c^3},$$

где q – заряд частицы, a – ускорение частицы.

В случае релятивистского движения частиц со скоростью $v \rightarrow c$, как например в кольцевом ускорителе, студенты 2 курса, используя релятивистское соотношение на лоренц-фактор $\gamma = E/mc^2 = 1/\sqrt{1 - \beta^2}$, где $\beta = v/c$, могут получить формулу Льенара для мощности излучения релятивистской частицы:

$$P = \frac{2 q^2 \gamma^6}{3 4\pi\epsilon_0 c} \left(\dot{\beta}^2 - [\vec{\beta} \times \dot{\beta}]^2 \right).$$

Через релятивистское преобразование углов также можно описать важное свойство СИ, т.н. «прожекторный эффект», при котором излучение направленно вперед по касательной к траектории движения пучка заряженных частиц и сосредоточено в узком конусе с угловым раствором $\delta\psi \sim \gamma^{-1}$. Различие в пространственном распределении излучения между нерелятивистским и релятивистским движением заряженных частиц представлено на рисунке 2. На рисунке видно, что при нерелятивистских скоростях движения заряда, форма поверхности фронта излучения имеет вид тороида, а при больших скоростях тороид вытягивается в длинную каплю за счет релятивистских эффектов.



Рисунок 2 — Картина пространственного распределения излучения от движущегося по криволинейной траектории ускоренного заряда в нерелятивистском и релятивистском случае [8]

История развития источников СИ выделяет важные этапы, связанные с конструкционными и спектральными улучшениями характеристик излучения. Принято классифицировать источники СИ по 4 поколениям. На рисунке 3 показано как эволюция источников СИ повлияла на одну из важнейших характеристик излучения – спектральную яркость.

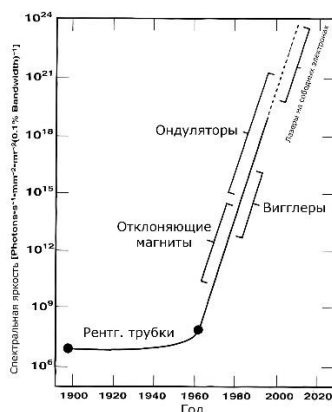


Рисунок 3 — Эволюция развития источников СИ

Первое поколение — синхротроны, построенные для экспериментов по физике высоких энергий, где синхротронное излучение было побочным явлением. На этих установках впервые начали отрабатываться методики использования синхротронного излучения. **Второе поколение** — синхротроны, специально построенные для генерации СИ. В основном для генерации излучения использовали поворотные магниты. **Третье поколение** — источники СИ сегодняшнего дня. При проектировании синхротронов 3-го поколения в их конструкции предусматривалось большое число длинных (5 и более метров) прямолинейных промежутков, предназначенных для установки специальных вставок, генерирующих СИ — вигглеров и ондуляторов. **Четвёртое поколение** источников СИ — это проекты, которые не являются более синхротронами. Дальнейшее совершенствование накопителей — а именно повышение плотности электронов, повышение яркости источника СИ уже физически невозможно. Критическим параметром стал эмиттанс — фактически, фазовый объём, занимаемый электронами при движении по орбите. Для уменьшения эмиттанса (и таким образом повышения яркости) предлагаются источники на базе лазеров на свободных электронах, а также линейных ускорителей с рекуперацией энергии.

Общая схема современного источника СИ 3-го поколения — накопительного кольца, создание которого явилось следующим этапом в развитии источников СИ после появления синхротронов — приведена на рисунке 4. Электроны, рожденные в электронном инжекторе, ускоряются линейным ускорителем (линаком), после чего попадают в кольцевой предускоритель (бустер), а затем в накопительное кольцо. Основное накопительное кольцо содержит чередующиеся участки из магнитных систем, выполняющих конкретные функции, такие как: компенсация энергетических потерь электронного пучка на излучение СИ (радиочастотный резонатор), фокусирующие/дефокусирующие магниты (квадруполи, секступоли, октуполи и т.д.) для поддержания нужной формы электронного пучка, а также дипольные поворотные магниты или более сложные системы — вигглеры и ондуляторы, в которых непосредственно и рождается СИ, выводящееся по экспериментальному каналу к исследовательской установке.

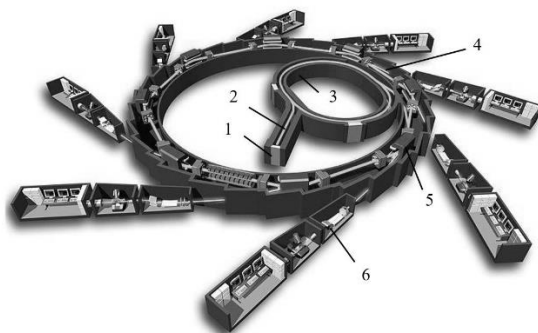


Рисунок 4 — Принципиальная схема источника СИ. 1 – Прожектор электронов, 2 – Линейный ускоритель (LINAC), 3 – Кольцевой предускоритель (бустер), 4 – Основное накопительное кольцо, 5 – Поворотные магниты, 6 – Экспериментальный канал

Если в дипольных поворотных магнитах СИ обусловлено возникновением центростремительного ускорения электронов при искривлении их траектории и распространяется по касательной к плоскости электронного пучка, то в вигглерах и ондуляторах, за счет чередующейся полярности магнитного поля, траектория электронов представляет собой синусоидальную кривую и СИ распространяется вдоль дрейфа электронного пучка. Направления движения электронного пучка и распространения СИ в магнитных системах приведено на рисунке 5.

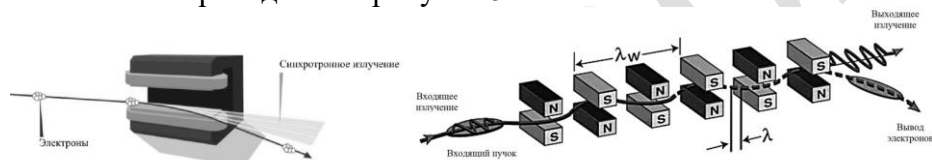


Рисунок 5 — Схема генерации СИ на дипольном поворотном магните (слева) и на вигглере (справа). [9]

Перечислим основные свойства источников СИ, выделяющие данное излучение среди прочих других: **высокая интенсивность** излучения (10^{18} фотонов $\cdot$ с $^{-1}$ $\cdot$ мм $^{-2}$ $\cdot$ мрад $^{-2}$ для источников 3-го поколения), что экономит время на эксперимент. **Широкий спектр** излучения от дальнего инфракрасного до жесткого рентгеновского, позволяющий выбирать необходимую длину волны/энергию фотонов для эксперимента. **Малая угловая расходимость** для контроля геометрии эксперимента. **Импульсный характер** СИ позволяет проводить анализы быстропротекающих процессов вплоть до сотен пикосекунд. Линейно поляризованное СИ в орбитальной для электронов плоскости и циркулярно поляризованное в ортогональной плоскости открывает возможности проведения **поляризационного анализа** образцов.

Содержание курса

Курс «Источники синхротронного излучения» рассчитан на 12 лекций, включающими в себя следующие тематики:

1. История открытия рентгеновского излучения и синхротронного рентгеновского излучения. Спектр электромагнитного излучения. Излучение ускоренных зарядов. Формула Лармора. Принципиальная схема источника синхротронного излучения.
2. Излучение нерелятивистского и релятивистского движения зарядов. Формула Шотта. Угловое и спектральное распределение СИ. Поляризация.
3. Рентгеновские трубки. Циклотроны. Источники СИ 1-го поколения. Особенности синхротронного излучения.
4. Влияние пучка электронов на характеристики СИ. Фазовый объем пучков электронов (эмиттанс). Яркость и интенсивность источников СИ.
5. Фокусирующие и поворотные магниты. Источники СИ 2-го поколения.

6. Ондюляторы и вигглеры. Основные элементы источника СИ. Источники СИ 3-го поколения.

7. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической структуре. Кристаллические симметрии. Закон Вульфа-Брэгга. Построение Эвальда. Фурье преобразование.

8. Взаимодействие излучения с веществом. Фотоэлектрический эффект. Томпсоновское и комптоновское рассеяние. Поглощение рентгеновского излучения. EXAFS и XANES спектроскопия.

9. Взаимодействие излучения с веществом. Упругое и неупругое рассеяние рентгеновских лучей на электронах. Малоугловое рентгеновское рассеяние SAXS, WAXS.

10. Синхротронное излучение в медицине, биологии, археологии, астрофизике. Примеры исследований.

11. Источники СИ 4-го поколения. Рентгеновские лазеры на свободных электронах. Их устройство и преимущества.

12. Современные мировые и российские источники СИ. Создание и эксплуатация отечественных источников СИ последних поколений. Планы развития технологии.

Аттестация по курсу была поделена на два раздела, где для первого раздела студентам предлагалось подготовить доклад-презентацию по выбранному источнику СИ. Критерии оценивания работы студента были: полное описание источника СИ (история создания, принципиальная схема, энергия пучка электронов, длина кольца/линака, частота обращения, полный ток пучка, эмиттанс), в докладе присутствуют схемы/таблицы/рисунки основных систем работы источника, указаны исследовательские экспериментальные установки и их характеристики, указан список литературы. Максимальный балл за доклад – 60, минимальный балл – 36.

Для оценивания по второму разделу аттестации был подготовлен тест с вопросами по материалам лекций. Тест состоял из вопросов с одним или несколькими вариантами ответа. Вопросы с одним вариантом ответа оценивались в 1 первичный балл, вопросы с несколькими вариантами ответа (или расчетные) – в 2 первичных балла. Максимальный балл за тест составлял 40 баллов. Минимальный балл для прохождения – 24 балла.

Апробация курса

Для анализа успешности усвоения студентами материалов курса предлагается рассмотреть гистограмму распределения результатов проведенного теста, показанную на рисунке 6. Так, из общего количества в 24 участников, число студентов, получивших оценку «хорошо» и выше (от 30 баллов) составляет 14 человек, что составляет почти 60 % от их общего числа. С другой стороны, всего 2 студента получили оценку «отлично» за тест и нет участников, ответивших полностью верно на все вопросы, что может говорить о достаточной сложности приведенных в тесте вопросов.



Рисунок 6 — Гистограмма распределения результатов теста по числу участников

Заключение

Приведено описание элективного курса «Источники синхротронного излучения» и обоснование выбранной тематики курса. Предлагаемая программа курса, включающая в себя как теоретическую часть, так и практические вопросы и задания, будут полезны для углубленного обучения студентов в ВУЗах по программам инженерного образования, а также по программам, связанных с источниками рентгеновского излучения, материаловедения и современным научно-исследовательским установкам.

Список литературы

1. Lienard A. Champ électrique et Magnétique / A. Lienard // L'Eclairage electr. — 1898. — 16 (27) 5.
2. Heaviside O. The Waste of Energy from a Moving Electron / O. Heaviside // Nature. — 1902. — 67 (1723) 6.
3. Schott G. A. Uber die Strahlung von Elektronengruppen / G. A. Schott // Ann. der Phys. — 1907. — 329 635.
4. Померанчук И. Я. Максимальная энергия, которую могут иметь на поверхности земли первичные электроны космических лучей из-за излучения в земном магнитном поле / И. Я. Померанчук // ЖЭТФ. — 1939. — № 9. — С.915.
5. Ivanenko D. D. On the maximum energy attainable in the betatron / D. D. Ivanenko, I. Ya. Pomeranchuk // Reports of the USSR Academy of Sciences. — 1944. — № 44. — С.343-344.
6. Арцимович Л. А. Излучение быстрых электронов в магнитном поле / Л. А. Арцимович, И. Я. Померанчук // ЖЭТФ. — 1946. — № 5. — С.379-389.
7. Гинзбург В. Л. Об излучении микрорадиоволн и их поглощении в воздухе / В. Л. Гинзбург // Изв. АН СССР. — 1947. — № 2. — С.165-182.
8. Ternov I. M. Synchrotron radiation / I. M. Ternov // Physics – Uspekhi. — 1995. — № 4. — С.429-456.
9. Freund H. P. Free-Electron Lasers: Vacuum Electronic Generators of Coherent Radiation / H. P. Freund, G. R. Neil // Proc. IEEE. — 1999. — № 87. — С.782-803.

References

1. Lienard A. Champ électrique et Magnétique / A. Lienard // L'Eclairage electr. — 1898. — 16 (27) 5.
2. Heaviside O. The Waste of Energy from a Moving Electron / O. Heaviside // Nature. — 1902. — 67 (1723) 6.
3. Schott G. A. Uber die Strahlung von Elektronengruppen / G. A. Schott // Ann. der Phys. — 1907. — 329 635.
4. Pomeranchuk I. YA. Maksimal'naya energiya, kotoruyu mogut imet' na poverhnosti zemli pervichnye elektrony kosmicheskikh luchey iz-za izlucheniya v zemnom magnitnom pole / I. YA. Pomeranchuk // ZHETF. — 1939. — № 9. — S.915.
5. Ivanenko D. D. On the maximum energy attainable in the betatron / D. D. Ivanenko, I. Ya. Pomeranchuk // Reports of the USSR Academy of Sciences. — 1944. — № 44. — S.343-344.
6. Arcimovich L. A. Izluchenie bystrykh elektronov v magnitnom pole / L. A. Arcimovich, I. Ya. Pomeranchuk // ZHETF. — 1946. — № 5. — С.379-389.
7. Ginzburg V. L. Ob izluchanii mikroradiovoln i ih pogloshchenii v vozduhe / V. L. Ginzburg // Izv. ANSSSR. — 1947. — № 2. — S.165-182.
8. Ternov I. M. Synchrotron radiation / I. M. Ternov // Physics – Uspekhi. — 1995. — № 4. — S.429-456.
9. Freund H. P. Free-Electron Lasers: Vacuum Electronic Generators of Coherent Radiation / H. P. Freund, G. R. Neil // Proc. IEEE. — 1999. — № 87. — S.782-803.

ПРЕПОДАВАНИЕ ФИЗИКИ НА ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЯХ В СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛИЯХ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Шокина Джульетта Ивановна

кандидат физико-математических наук, доцент, juna-01@mail.ru

Попова Светлана Васильевна

старший преподаватель НИУ МИЭТ, sekavas@yandex.ru

Научно-исследовательский институт «МИЭТ». 124498, Москва, Зеленоград, площадь Шокина, 1

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы преподавания физики на инженерных специальностях, связанные с переходом к болонской системе образования и иностранным воздействием на процессы в образовательной среде. Проведен анализ причин ухудшения качества знаний студентов и пути его повышения.

Ключевые слова

Болонская система, инженерные кадры, компетенции, физическое образование.

TEACHING PHYSICS IN ENGINEERING SPECIALTIES IN CURRENT REALITIES. PROBLEMS AND SOLUTIONS

Shokina Julietta I.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor juna-01@mail.ru

Popova Svetlana V.

Senior teacher National research institute MIET, sekavas@yandex.ru

National research institute MIET, 124498, Moscow, Zelenograd, Shokina square, 1

Abstract

The article discusses the problems of teaching physics in engineering specialties related to the transition to the Bologna education system and foreign influence on educational processes. The analysis of the causes of degradation in the quality of learning and ways to improve it is carried out.

Keywords

Bologna education system, engineering staff, competencies, physical education.

В текущий исторический период наша страна оказалась перед серьезными вызовами. Велик запрос на прорывную научную и инженерную мысль. Во многих отраслях наукоёмкого производства и конструкторских бюро ощущается острый кадровый голод. Между тем, в последние два года в вузы пришло новое поколение, наделённое большим потенциалом. Эти студенты хотят и могут учиться. Дальнейшее их формирование как специалистов, их подготовка к успешной работе на благо страны, зависит во многом от преподавателей, т.е. от нас с вами.

Не секрет, что после распада Советского Союза на разрушение системы образования на постсоветском пространстве нашими недругами были брошены большие силы и средства [1]. Была разработана целая программа по разрушению этой системы, рассчитанная на десятилетия, включающая детальный план воздействия на обе стороны образовательного процесса – студентов и преподавателей.

Воздействие на студентов предполагало сделать так, чтобы им было некогда и неинтересно учиться. Для этого им нужно было предложить массу других интересных

занятий, многочисленных игр в интернете, проводить побольше капустников, КВН, конкурсов красоты, «Мистер», «Мисс» и т.п. Необходима была предельная либерализация учебного процесса, когда отчисление практически сводилось к нулю, а пересдавать экзамены можно было бесчисленное количество раз.

Основной упор в этой деятельности приходился на снижение качества преподавания естественных дисциплин, в основном физики и математики, по результатам преподавания которых и по качеству своих инженерных кадров наша страна на тот период ещё сильно превосходила страны Запада.

Была резко усилена популяризация гуманитарных специальностей, экономистов, юристов, психологов, бухгалтеров. Одновременно с этим происходила остановка многих заводов и фабрик, прекращение достаточного финансирования научных институтов, и, как следствие, обнищание научных и инженерных кадров. Всё это привело к падению рейтинга инженера. Эти факторы не могли не привести и привели к снижению конкурса (в отдельные годы к его отсутствию) на физические и инженерные специальности, вузы вынуждены были принимать почти всех подавших заявления, часто совсем слабых абитуриентов. Кроме того, приехавшие с других городов студенты часто вынуждены были подрабатывать, точнее, в основном они работали и только иногда «подучивались». Это естественно, приводило к плохой успеваемости, но отчислять таких студентов за неуспеваемость было нельзя, с долгами по физике можно было продолжать учёбу вплоть до последнего курса.

Все эти факторы не могли не отразиться на уровне знаний физики выпускников, а конкретно не привести к падению этого уровня.

Переход к болонской системе также внёс свой ощутимый вклад в процесс деградации физического образования инженеров. Если раньше курс общей физики на инженерных специальностях изучался четыре, а на некоторых направлениях подготовки и пять семестров, то с переходом к бакалавриату курс физики был сокращён в два первых семестра. При таком уменьшении аудиторных часов глубоко прорабатывать все темы не оказалось возможным. Пришлось сокращать программу, а сделать это без ощутимого ущерба качеству не получилось. Никаких конкретных указаний о том, как это сделать, от инициаторов данных реформ не поступило. Каждый лектор выстраивает и сокращает свой курс по своему усмотрению. Бывает, что некоторые лектора опускают такие важные разделы курса общей физики, как например «Атомное ядро» зато неизменно подробно муссируют «Теорию относительности».

У навязанной нашим вузам «болонизации» есть ещё другие негативные эффекты. Один из них — переход к балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов. Система эта обеспечивает формально на бумаге улучшение успеваемости студентов, но никак не способствует повышению уровня знаний. Многие студенты нацеливаются на накопление баллов: если хватает на удовлетворительную оценку, можно больше не напрягаться.

Не лучшим образом отразилось на качестве образования ликвидация деканатов и системы преподавателей-кураторов на первых курсах. Студент – вчерашний школьник, привыкший к родительской опеке и вниманию со стороны классного руководителя, уезжает из дому, поселяется в общежитии и оказывается в ситуации, когда, как ему кажется, его успехи никого не интересуют. Некоторые, не привыкшие к такой свободе ребята, бывает слишком расслабляются, пропускают занятия, иногда месяцами не появляются в институте, и такими студентами никто не занимается. Организованные по болонскому сценарию студенческие офисы собирают статистику посещаемости и успеваемости студентов, но никакого влияния на эти параметры не оказывают.

Для воздействия на преподавателей и снижения их творческой мотивации предлагалось унизить их абсурдно низкими зарплатами, что мы все наблюдали в 90-х и 2000-х годах, когда часть профессорско-преподавательского состава была вынуждена

покинуть свои институты, кто подался в поисках лучшей доли за границу, кто занялся мелким бизнесом. Но была оставшаяся часть ППС, из тех, кто работает не за деньги, а потому, что осознают важность и нужность своей деятельности. Таких преподавателей предлагалось загрузить бессмысленной отчётностью, чтобы они большую часть времени проводили за оформлением бумаг и как можно меньше сил и времени оставалось на общение со студентами. С этой целью нужна была максимальная бюрократизация образовательного процесса, были придуманы бесчисленные ФОСы и ФГОСы, которые постоянно изменялись, и сдавать отчёты по ним чаще всего надо было в авральном режиме.

Есть мнение, что ФГОС – грандиозная мистификация! Это следует даже из его определения на сайте. «ФГОС — это федеральный государственный образовательный стандарт или система требований к обучению детей, школьников и студентов, которым должны следовать дошкольные организации, школы и вузы». То есть ГОСТы для продуктов питания отменили, а для образования и медобслуживания они срочно просто необходимы!

«Разработка ФГОС — это комплексная работа с участием представителей школ, вузов, научных советов, методистов и органов власти. Курируют процесс Минобрнауки и Минпросвещения. Конечная версия ФГОС — документ, достаточно объёмный, который состоит из нескольких разделов. [2] В них прописаны как общие положения, например, приверженность демократизации и всестороннему образованию, так и вполне конкретные: набор обязательных предметов и требования к оснащению учебных мест». Так вот, оказывается, где собака порылась! «С привлечением!»

А в реальности огромная часть преподавателей вузов тратит колоссальное количество человеко-часов своего рабочего времени на ежегодное составление этих самых ФГОС и входящих в них ФОС (фонд оценочных средств), которые абсолютно никак не влияют на повышение качества образования.

Приведу для примера сокращённый вариант образца ФОС по курсу «Оптика. Атомная физика» авторства моих коллег [3].

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ПОДКОМПЕТЕНЦИИ ОПК-1. Физика. Оптика. Атомная физика.

Способен применять знания и методы экспериментального исследования оптики и атомной физики в профессиональной деятельности

КОМПЕТЕНЦИИ ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Дисциплина « Физика. Оптика. Атомная физика»

Направление подготовки — 09.03.04 «Программная инженерия»

Направленность (профиль) - «Программные компоненты информационных систем»

1. ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ/ПОДКОМПЕТЕНЦИИ

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Подкомпетенция ОПК-1. ФизОАФ Способен применять знания и методы экспериментального исследования оптики и атомной физики в профессиональной деятельности

Индикаторы достижения компетенций/ подкомпетенций:

Знания основ оптики и атомной физики

Умения решать стандартные профессиональные задачи с применением знаний оптики и атомной физики

Опыт экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, приобретенный при выполнении физического эксперимента по оптике и атомной физике

2. ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ

Индикаторы достижения сформированности компетенции	Показатели оценки	Название оценочного средства
Знания основ оптики и атомной физики	Выполненное тестовое задание.	Тестовое задание
Умения решать стандартные профессиональные задачи с применением знаний оптики и атомной физики.	Решенная типовая задача	Задача
Опыт экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, приобретенный при выполнении физического эксперимента по оптике и атомной физике.	Выполненное практико-ориентированное задание	Практико-ориентированное задание

3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ

3.1. Тестовое задание.

3.1.1. Описание типового задания:

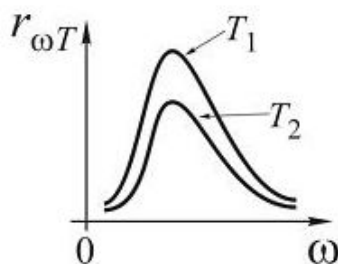
В задание входят 5 тестовых вопросов, отвечая на которые необходимо выбрать и обосновать правильный вариант ответа. Задание выполняется на специальном бланке, на котором для каждого тестового вопроса выделены поле для записи ответа и поле для рассуждений или вычислений, необходимых для его обоснования.

Примеры вопроса из типового задания:

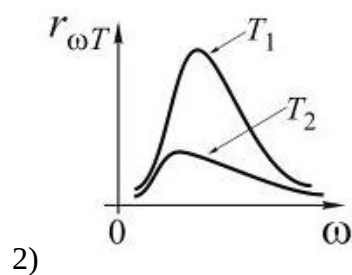
(Вопросов таких в каждом задании 5):

Зависимости испускательной способности абсолютно черного тела от частоты излучения для температур T_1 и T_2 ($T_1 > T_2$) верно представлены на рисунке.

Варианты ответов:



1)



3.1.2. Условия выполнения задания:

Место выполнения - экзаменационная аудитория в период промежуточной аттестации.

Время на выполнение задания - 20 мин.

Материально-техническое обеспечение: задание выполняется без использования компьютера на специально подготовленных бланках.

Список литературы и информационных источников: использование литературы и информационных источников не допускается.

3.1.3. Условия начисления баллов по критериям оценивания:

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Выполнено тестовое задание с ответом на тестовый вопрос, соответствующим правильному ответу	Соответствие представленного ответа правильному ответу	Представлен правильный ответ на тестовый вопрос	1
		Не представлен правильный ответ на тестовый вопрос	0
	Обоснованность ответа на тестовый вопрос	Приведены полные рассуждения для обоснования правильного ответа на тестовый вопрос	1
		Правильный ответ на тестовый вопрос не обоснован	0

Далее так же подробно расписаны пункты 4 – 6:

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5. Методические указания по процедуре оценивания: (Представлены тоже в виде таблицы)

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СФОРМИРОВАННОСТИ ПОДКОМПЕТЕНЦИИ.

Подкомпетенция считается сформированной, если студент по итогам выполнения всех заданий набрал 10 и более баллов, в том числе не менее: 5 баллов за тестовые вопросы; 2,5 баллов за задачу; 2,5 баллов за практико-ориентированное задание.

То есть сформированность подкомпетенции определяют баллы. При этом студент может затрудняться с формулировкой постулатов Бора или законов Столетова, но баллы есть, следовательно, так называемая подкомпетенция сформирована!

Приведённый выше сильно сокращённый образец ФОС даёт представление о том, как кому-то совсем не жалко напрасных трудо-потерь ППС, более того очень нужно чтобы они именно на это тратили своё рабочее время, а не на подготовку к занятиям и общение со студентами. Приведённый в качестве примера образец взят из ФГОС 2020

года, в 2025 году составляем новые под новые требования! Абсолютно никакой пользы от подачи куда-то этих многостраничных заумных текстов ни студентам, ни преподавателям нет! Непонятно, кому и зачем они нужны!

Хорошо ещё помнится то время, когда мы писали за семестр три контрольные работы по основным разделам курса, по их положительным результатам и при условии выполнения студентом запланированных лабораторных работ допускали к экзамену, и преподаватель оценивал ответ студента по пятибалльной шкале, не вдаваясь в бухгалтерию его предыдущих заслуг. При этом мы выпускали инженеров, которые летали в космос (космонавт Валерий Рюмин был выпускником нашего МИЭТа), программистов, за которых дрались западные фирмы, потому что они были одновременно «три в одном»; и физик, и математик и программист!

С целью прекращения дальнейшей деградации нашей науки и образования, и вывода его на новый, более высокий уровень, необходимо принять срочные меры:

1. Отменить ФГОС, как не оправдавший себя эксперимент. Вернуться к программам для высшего, среднего и среднеспециального образования.

2. Отменить бакалавриат и полностью отказаться от болонской системы. Вернуться к системе специалитета, техникумов и ПТУ.

3. Прекратить загружать преподавателей ненужной отчётностью. Показателем работы преподавателя являются знания студентов. Их и проверять.

4. Скорректировать между собой программы математики и физики. Недопустимо, когда на первом курсе по физике нужно решать дифференциальное уравнение второго порядка, а по матанализу они ещё только ряды проходят.

5. Вернуть в вузы интеллектуальную среду. Не брать подряд всех, у кого есть деньги, невзирая на умственные способности.

6. Прекратить либерализацию учебного процесса. За неуспеваемость отчислять!

7. Возобновить реальную систему повышения квалификации преподавателей, которая в последние годы стала в большей степени формальной.

Авторы уверены, что реализация хотя бы части из вышеизложенных пунктов, поможет нашей стране вернуть высокое качество инженерного образования и осуществить такой необходимый нам технологический прорыв.

Список литературы

1. Russian Education Was Better Than USA Says Expert [Электронный ресурс] // YouTube. – URL: <https://youtu.be/Z8UQJ0Qa-cc?si=f8wxSLGLjQZHxUrA> (дата обращения: 13.05.2025)
2. Постановление Правительства РФ от 12 апреля 2019 г. N 434 "Об утверждении Правил разработки, утверждения федеральных государственных образовательных стандартов и внесения в них изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации" [Электронный ресурс] // Гарант.ру : [сайт]. – URL: <https://base.garant.ru/72222180/> (дата обращения: 13.02.2025)
3. Фонд оценочных средств по подкомпетенции ОПК-1. ФизОАФ. Разработчики Морозова Т. В., Королёва Е. Н. НИУ «МИЭТ», кафедра общей физики.

References

1. Russian Education Was Better Than USA Says Expert [Elektronnyj resurs] // YouTube. – URL: <https://youtu.be/Z8UQJ0Qa-cc?si=f8wxSLGLjQZHxUrA> (data obrashcheniya: 13.05.2025)
2. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12 aprelya 2019 g. N 434 "Ob utverzhdenii Pravil razrabotki, utverzhdeniya federal'nyh gosudarstvennyh obrazovatel'nyh standartov i vneseniya v nih izmenenij i

- priznanii utrativshimi silu nekotoryh aktov Pravitel'stva Rossijskoj Federacii\" [Elektronnyj resurs] // Garant.ru : [sajt]. – URL: <https://base.garant.ru/72222180/> (data obrashcheniya: 13.02.2025)
3. Fond ocenочnyh sredstv po podkompetencii OPK-1. FizOAF. Razrabotchiki Morozova T. V., Korolyova E. N. NIU «MIET», kafedra obshchej fiziki.

ФССО-2025