

УДК 372.853:378.14

DOI: 10.54835/18102883_2024_36_8

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИКЕ В ВУЗЕ НА МЛАДШИХ КУРСАХ

Казакова Елена Лионовна,

кандидат физико-математических наук, доцент,
доцент кафедры общей физики,
elionkaz@yandex.ru

Сергеева Ольга Владимировна,

кандидат физико-математических наук, доцент,
доцент кафедры общей физики,
osergeeva@petrsu.ru

Петрозаводский государственный университет,
Россия, 185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Обсуждаются подходы к организации преподавания физики на младших курсах инженерных направлений подготовки регионального вуза. Изменение формата проведения всех видов занятий направлено на увеличение доли активного вовлечения студентов в образовательный процесс. Отмечается необходимость учета уровня исходных знаний по предмету. При выборе подходов реализована обратная связь со студентами путем анкетирования для внесения корректив в процесс обучения. Комплексный подход к выбору образовательных технологий и методик обучения позволят обеспечить достаточную эффективность образовательного процесса.

Ключевые слова: обучение физике, индивидуальные траектории обучения, активное обучение, анкетирование

Введение

Повышение качества профессионального образования в современных условиях возможно только на основе активизации инновационных процессов в данной сфере, обеспечения интеграции образовательной, научной и практической деятельности. Выступая в июле 2022 г. на совете по стратегическому развитию и нацпроектам, наш глава государства В.В. Путин выделил задачи, которым надо уделять приоритетное внимание. Среди выделенных главой государства направлений – повышение качества подготовки инженерных и IT-специалистов, развитие отечественной инженерной школы как важнейшее направление с точки зрения подготовки кадров. «Выход на новое качество подготовки кадров – это первоочередная задача, так как без её решения у нас не будет технологического будущего» – отметил президент [1].

В настоящее время страна взяла курс на научно-технический прогресс, когда внедрение инновационных технологий становится одним из ключевых национальных приоритетов. Инженер на этом пути – специалист, создающий новые технические устройства или технологические процессы, совершенствующие уже имеющиеся. Требование к инжене-

ру в современных условиях в отношении его знаний, мобильности, возможностей для профессионального роста делают особенно актуальными проблемы достижения целостности и фундаментальности естественнонаучного образования, основу которого закладывают многие дисциплины. Все это разнообразие и огромные объемы усваиваемого материала тренируют мыслительные способности, поскольку постижение точных наук – это не механическое зазубривание формул, это понимание логических связей и закономерностей, умение структурировать задачу. Хороший инженер всегда опирается на научные знания, а для того чтобы с их помощью создавать современные продукты, востребованные во всем мире, необходимо обладать техническим мышлением, пространственным воображением, инженерной смекалкой.

Для достижения этих целей принципиальное значение имеет формирование методологической компетентности специалиста, неформальное освоение им основных методов научного познания природы, сформированность у него физической картины мира. Безусловно, что изучение физики и понимание физических процессов, знание законов, умение их объяснять, применять на практике

в этой связи занимает особое место. Это соответствует как истории возникновения научного метода в процессе развития физики, так и состоянию современной науки. Изучение физики должно при этом выполнять не только мировоззренческую миссию, но и способствовать формированию представлений о научных методах познания, давать знания о физических методах исследования, об их возможностях, условиях применения. Физическое образование – основа для формирования профессиональных компетенций инженера, способного применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

Однако может возникнуть некоторое противоречие между поставленными целями и возможностями для их реализации, если недостаточное внимание уделять методологическим аспектам при преподавании курса физики. Это предметные и надпредметные знания, заключающиеся не только в формировании универсальных исследовательских умений, но и в осознании студентами своих действий, составляющих основу для самообучения и саморегуляции личности. На занятиях по физике решаются задачи по формированию исследовательских навыков. Необходимо, чтобы это не носило формальный характер, предоставляя информацию по возможности не в готовом виде, а с учетом становления и развития представлений. Тогда знания и методологические подходы к решению научных проблем будут осмысленны не фрагментарно, а комплексно и целостно, что позволит студенту понять процесс научного поиска, познания, получить навыки исследователя [2–5].

Для этого в курсе общей физики должны присутствовать все атрибуты научного познания. Целесообразно выделять особо области экспериментального и теоретического исследования, методы анализа, оценивать информативность полученных результатов. Принципиально постараться выработать подход к вопросам физики как к поводу для научного исследования и на протяжении изучения разных разделов курса демонстрировать особенности физического мышления в части постановки и понимания роли эксперимента в науке, к объяснению его результатов выбранной научной теорией.

Факторы, которые необходимо учитывать при выработке подходов к организации занятий по физике в вузе

Уровень исходных знаний по предмету

Число школьников, выбирающих ЕГЭ по физике в качестве итоговой аттестации, уменьшается с каждым годом. Если в 2019 г. по РФ физику сдавало 142607 человек, то 2023 г. – всего 92286 [6, 7]. При поступлении в вуз на инженерные и технические направления подготовки, в соответствии с правилами приема, не обязательно предоставлять результат ЕГЭ по физике, их можно заменить информатикой [8].

Ежегодно проводится анализ результатов ЕГЭ по физике. Например, в материалах 2023 г. отмечается, что процент выполнения заданий на распознавание графиков зависимостей физических величин самый низкий из всех заданий 1 части экзаменационной работы. Отмечается также, что для расчетных задач высокого уровня сложности средний процент выполнения заданий невысок. Например, по молекулярной физике – 12,9 %, по электродинамике – 15,5 %, по квантовой физике – 17,2 %. Среди общих проблем по физике выделяют дефицит умений проводить комплексный анализ физических процессов, определять значение физической величины в типовой учебной ситуации, решать расчетные задачи повышенного и высокого уровня сложности, решать качественные задачи (табл. 1) [7].

Таблица 1. Усвоение разделов по результатам ЕГЭ 2022, 2023 гг. [7, 9]

Table 1. Mastering of sections according to the results of Unified State Exam 2022, 2023 [7, 9]

Способ действий Mode of action	Средний процент выполнения по группам заданий, % Average percentage of fulfillment for groups of tasks, %	
	2022 г.	2023 г.
Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях Application of laws and formulas in typical learning situations	66,8	67,6
Анализ и объяснение явлений и процессов Analyzing and explaining of phenomena and processes	60,9	65,7
Методологические умения Methodological skills	75,9	77,3
Решение задач/Problem solving	22,0	19,6

Для характеристики результатов выполнения работы экзаменуемыми с различным уровнем подготовки выделяется четыре группы. В качестве границы между группами 1 и 2 выбирается минимальная граница (36 тестовых баллов). Все тестируемые, не достигшие минимальной границы, выделяются в группу с самым низким уровнем подготовки. Вторая группа соответствует диапазону от минимальной границы до 60 баллов. Далее следует группа от 61 до 80 баллов. В этом диапазоне баллов необходимо показать устойчивое выполнение заданий повышенного уровня сложности. Для группы высокобалльников (от 81 до 100 баллов) характерно наличие системных знаний и овладение комплексными умениями. В последние года ситуация практически не меняется, и каждый год основная доля сдавших ЕГЭ по физике получает от 37 до 60 баллов [6, 7, 9–11]. Это означает, что в региональный вуз в своем большинстве попадают студенты, способные справляться с заданиями базового уровня.

Качественное физическое и техническое образование невозможно без хорошей математической подготовки, и проблема межпредметных связей всегда находится в центре внимания педагогики высшей школы в силу естественной взаимосвязи этих дисциплин [12]. Иногда из-за слабой подготовки по физике и математике студенты младших курсов перестают видеть связи между этими дисциплинами, у них возникают трудности в восприятии учебного материала и притупляется интерес к их изучению.

Что касается результатов профильного экзамена по математике, то определенный рост акцента в экзамене этого уровня на важные для инженерных специальностей геометрические задания способствовал росту подготовки выпускников по геометрии. На базовом и на профильном уровне выпускники в целом продемонстрировали приемлемую технику преобразований и вычислений и решения уравнений, простейшие геометрические умения. Отмечается, что, тем не менее, ошибки при раскрытии скобок и в простейших преобразованиях остаются одной из основных причин неверного выполнения заданий. [13].

Приведенная выше информация по анализу результатов ЕГЭ показывает, что уровень и качество подготовки будущих студентов будет сильно отличаться даже в рамках одной группы.

Мотивационная составляющая обучения

Проблема обучения иногда заключается в том, что современное поколение студентов – прагматики, им нужно четко понимать практическую значимость изучаемого курса. Необходимо предметно дать ощутить ценность физических знаний. В этом состоит одна из целей методологической направленности учебного процесса. Тактические действия по решению этих задач могут быть реализованы в рамках организации самостоятельной работы студентов, направляемых и курируемых преподавателем [14, 15].

Также следует принимать во внимание уменьшение количества часов, выделяемых на преподавание физики. Это требует смещения акцентов, перераспределения часов между разными видами занятий и заставляет искать новые подходы к проведению лекций, практических и лабораторных занятий, учитывая исходный уровень подготовки студентов и необходимость формирования требуемых компетенций.

Анкетирование студентов

Для совершенствования подходов к организации занятий по физике мы активно используем метод обратной связи, проводя по итогам обучения анкетирование студентов с использованием возможностей электронных образовательных платформ (например, BlackBoard или Moodle). Анкетирование проводится в конце каждого семестра для студентов 1 курса, обучающихся по направлениям подготовки «Информатика и вычислительная техника» (группа А) и «Физика», «Электроника и наноэлектроника» (группа Б) физико-технического института Петрозаводского государственного университета. Принципиальная разница между студентами этих направлений подготовки заключается в том, что первые в большинстве своем не сдавали ЕГЭ по физике.

Анализируя ответы на вопросы анкеты, мы стараемся их учитывать при совершенствовании форм проведения занятий для повышения мотивации студентов, формирования индивидуальных траекторий обучения, повышения качества оценивания [15–17]. Приведем примеры некоторых вопросов анкеты:

- Оцените уровень вашей мотивации к изучению курса физики по пятибалльной шкале (1 – низкий уровень, 5 – высокий уровень).

- Понятна ли вам практическая значимость изучаемых тем по физике для вашей дальнейшей профессиональной деятельности?
- В чем для вас заключается необходимость в изучении курса физики?
- Испытываете ли Вы удовлетворение от процесса обучения на занятиях по физике?
- Укажите фактор или факторы, оказывающие наибольшее влияние на вашу мотивацию к изучению курса физики.
- Стимулируют ли ваши успехи и достижения по изучению одних дисциплин к изучению более сложных для вас дисциплин учебного плана?
- Чувствуете ли вы в процессе обучения физики поддержку со стороны преподавателя и готовность помочь в решении затруднений при выполнении учебных поручений?
- Оцените эффективность занятий по физике по пятибалльной шкале.
- Выберите форматы, в которых для вас наиболее комфортно получать новые знания в процессе обучения курсу физики (табл. 2).
- Каким образом преподаватель может повысить уровень вашей мотивации при изучении курса физики? (табл. 2).
- Выберите, какой из видов творческих заданий в рамках изучения курса физики представляет для вас интерес, и вы хотели бы в нем поучаствовать? (табл. 2).
- Как вы считаете, может ли участие в выполнении творческих заданий (индивидуально или в коллективе) мотивировать вас на изучение курса физики?

Приведем примеры ответов студентов на некоторые вопросы по итогам последнего анкетирования (табл. 2). В каждой группе студенты отмечают необходимость выделения практической значимости физики. На вопрос о том, может ли участие в выполнении творческих заданий мотивировать вас на изучение курса физики, утвердительно ответили 83 % в группе Б, в группе А – 70 %. Половина студентов в каждой группе готова участвовать в проектной деятельности, готова выступать и участвуя в студенческой конференции. Студенты отвечают, что новые знания в процессе обучения по курсу физики им более комфортно получать во время практических и лабораторных занятий. Видно, что повысить уровень мотивации студентов с разным уровнем подготовки можно грамотно формируя траектории обучения (табл. 2).

В большинстве случаев нет принципиального различия в ответах студентов разных групп, что позволяет использовать единые подходы в организации процесса преподавания физики.

Формирование подходов к организации занятий

Для поддержания и повышения эффективности и качества учебного процесса в современных условиях считаем необходимым изменить подходы к проведению таких привычных форм организации учебной деятельности, как лекции, практические и лабораторные занятия и самостоятельная работа студентов. Требуется по возможности отказаться от таких форм их проведения, при которых студенты лишены возможности самостоятельного мышления, инициативного действия, интерактивного взаимодействия, возможности принятия решения, диалогового обсуждения. Американский физик К. Дарроу еще в середине XX в. писал, что сильно заблуждается тот, кто считает, что аудиторию можно потрясти, продемонстрировав решение какой-то загадки. Никто из слушателей не заинтересуется ответом на вопрос, который он не задавал [18]. Возникает противоречие, когда конечная цель учебной деятельности формируется только в сознании преподавателя, но не обучающегося. Эта проблема не теряет актуальности, становясь более острой в современных условиях, когда на первый план у обучающихся выходит вопрос «Зачем я это изучаю? Для чего мне это?» (табл. 2).

Изменение подходов к проведению всех видов занятий направлено на увеличение доли вовлечения студентов в образовательный процесс, превращая их в активных участников этого процесса.

Проведение лекций

Лекция рассматривается как более эффективный способ передачи и получения основ знаний в общем виде. Преподаватели в процессе лекции возлагают надежду на активизацию мыслительной деятельности студента [19–22]. Считаем целесообразным реализовать возможности по увеличению доли демонстрационного эксперимента на лекциях, так как это важный компонент, дающий информацию, которая играет равноправную роль наряду с теоретическим материалом по изучаемой тематике. В отличие от работ фи-

Таблица 2. Примеры ответов на вопросы анкеты
Table 2. Examples of answers to the questionnaire

Варианты ответов Answer options	Ответы студентов/Answers of students, %	
	IT направление подготовки (группа А) IT (group A)	физические направления подготовки (группа Б) Physics students (group B)
<i>Вопрос: В каком формате комфортно получать новые знания в процессе обучения курса физики?</i> <i>(возможность выбора нескольких ответов)</i> <i>Question: In what format is it comfortable to acquire new knowledge while teaching physics course? (possibility to choose several answers)</i>		
Самостоятельно изучать материал/Self-study of the material	40,0	58,3
Во время лекций/During lectures	43,3	66,7
Во время практических занятий/During practical classes	70,0	83,3
Во время лабораторных занятий/During laboratory classes	60,0	66,7
Участвуя в экспериментально-исследовательском проекте совместно с другими обучающимися Participating in experimental research project together with other students	30,0	16,7
Участвуя в самостоятельном экспериментально-исследовательском проекте Participating in independent experimentation and research project	13,3	25,0
В процессе подготовки к выступлению на семинаре или конференции с докладом During speech preparation for seminar or conference	16,7	50,0
<i>Вопрос: Каким образом преподаватель может повысить уровень вашей мотивации при изучении курса физики?</i> <i>(возможность выбора нескольких ответов)</i> <i>Question: How can teacher increase your motivation in studying physics course? (multiple choice of answers)</i>		
Увеличить количество индивидуальных консультаций Increase the number of individual consultations	3,3	8,3
Уменьшить сложность предлагаемых заданий Reduce the proposed tasks complexity	33,3	25,0
Объяснять практическую значимость изучаемых тем в дальнейшей профессиональной деятельности Explain the practical relevance of studied topics for future professional activities	66,7	91,7
Предлагать к выполнению разнообразные интересные задания, включая творческие проекты, подготовку сообщений, выступление с докладами Offer a variety of interesting assignments, including creative projects, preparing reports, speeches	53,3	50,0
Дать возможность получения дополнительных баллов в рамках балльно-рейтинговой системы оценивания Provide the opportunity to obtain additional points within the framework of point-rating system of assessment	63,3	83,3
Никаким образом изменить уровень мотивации преподаватель не может he teacher cannot change the level of motivation in any way	3,3	0
<i>Вопрос: Какой из видов творческих заданий в рамках изучения курса физики представляет для вас интерес, и вы хотели бы в нем поучаствовать?</i> <i>Question: What type of creative assignment in physics course is of interest to you and would you like to participate in it?</i>		
Выступление на семинаре с докладом на научные и научно-популярные темы Conducting experimental research work and presenting the results at scientific conference	30,0	25,0
Проведение экспериментальной исследовательской работы и выступление на научной конференции с результатами Conducting experimental research work and presenting the results at a scientific conference	3,3	16,7
Разработка и выполнение своими руками действующих физических моделей различных устройств Designing and handmade making working physical models of various devices	23,3	41,7
Подготовка оборудования и демонстрация на лекции Equipment preparation and demonstration at the lecture	16,7	0
Подготовка доклада по выбранной теме на иностранном (английском) языке Report preparation on selected topic in foreign (English) language	0	16,6
У меня нет желания участвовать в творческих заданиях I have no desire to participate in creative assignments	26,7	0

зического практикума, где студенты учатся проводить измерения и обрабатывать полученные данные, лекционные демонстрации носят в основном качественный иллюстративный характер. Можно привлекать студентов в качестве помощников и даже в качестве самого демонстратора к выполнению лекционных демонстраций. Это вносит необходимый интерактивный элемент в процесс обучения, создает благоприятную эмоциональную атмосферу. Многие студенты, попробовав себя в этом качестве один раз, стремятся снова выступить в роли демонстратора. Конечно, такой подход требует дополнительных усилий преподавателя, но это компенсируется достигнутым результатом. Студенты приобретают навыки экспериментатора, докладчика, учатся работать в команде. В методическом плане это позволяет повысить активность и вовлеченность в образовательный процесс всех студентов, как «демонстраторов», так и «слушателей». Важен и неформальный момент – такая демонстрация создает необходимую разрядку и благоприятную атмосферу на лекции, позволяя сохранять концентрацию и удерживать внимание студентов.

Имеет смысл перераспределить часы, увеличив долю практических и лабораторных занятий за счет лекционных. Особенно это актуально для студентов группы А, в большинстве своем не сдававших физику при поступлении. Даже для студентов физических специальностей математическую часть, связанную с выводом формул, эффективнее проводить на практических занятиях, максимально привлекая студентов к этому процессу.

Проведение практических занятий

Практические занятия предназначены для углубленного изучения дисциплины. Они играют важную роль в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач совместно с преподавателем [19]. Традиционно на практических занятиях по физике фокусировались на решении задач. Однако такой формат проведения занятий в последнее время становится недостаточно эффективным, не позволяя активно включать студентов в образовательный процесс, особенно важно учитывать этот момент для студентов группы А.

Необходимо пробовать использовать все возможные форматы проведения практических занятий: решение задач, семинары-об-

суждения результатов лабораторных работ (ЛР), семинары-выступления с сообщениями по проектной деятельности. Это позволит решить как предметные, так и надпредметные задачи. Можно предлагать сложные задачи для решения в рамках работы по проекту командой студентов [23].

Приведем пример проведения семинара по защите отчета по ЛР. Это позволяет провести подробное обсуждение результатов, идеи метода и теоретических вопросов, которые не было возможности обсудить на лекциях и непосредственно при выполнении ЛР. Такой формат открывает широкие возможности для формирования индивидуальных траекторий обучения. Например, при обсуждении результатов ЛР «Опыт Милликена» кроме стандартных вопросов можно обсуждать моменты, которые относятся к различным разделам физики и особенностям постановки эксперимента:

- почему в опыте использовались капли масла, а не воды;
- почему нельзя определить радиус капли с помощью микроскопа;
- принципиальным ли является горизонтальное расположение пластин конденсатора;
- каковы условия использования формулы Стокса для силы вязкого трения;
- почему установившееся движение капли является равномерным.

Интересно обратить внимание студентов на детали выполнения эксперимента и обсудить некоторые исторические моменты. Например, что такое модель капель, предложенная Р. Миллиkenом в 1906 г.; сколько опытов провел Р. Миллиken; для скольких капель были определены заряды; как из большого количества данных зарядов капель выдающийся экспериментатор определил заряд электрона.

На семинар можно выносить обсуждение ЛР, выполняемых всей группой, или обсуждать вопросы работ, объединенных одной темой, особенно если эта тема сложна для понимания и восприятия студентами: динамика вращательного движения твердого тела, механические колебания, энтропия, или явления переноса. Например, спектр обсуждаемых вопросов по результатам выполнения ЛР по определению коэффициента теплопроводности металла можно расширить. Для студентов, обучающихся по направлению «Электроника и наноэлектроника» (профиль Структура и свойства материалов электроники и наноэ-

лектроники), кроме стандартных вопросов, связанных с явлениями переноса в твердых телах, можно включить вопросы по электронной теории металлов, проанализировать связь между электропроводностью твердых тел и их электронной теплопроводностью, обсудить причины различия коэффициентов теплопроводности металлов и диэлектриков, что такое фононный газ, что обуславливает теплопроводность металлов и диэлектриков.

По сложившейся на нашей кафедре традиции занятие по теме «Токи в различных средах» в разделе «Электричество и магнетизм» проводится в виде семинара. Предлагаются вопросы, по которым студенты заранее готовят выступления: основы электронной и квантовой теорий проводимости металлов, газовый несамостоятельный и самостоятельный разряды (условия возникновения, протекания и т. д.), токи в сплошных средах, токи в растворах и расплавах электролитов (подвижность ионов, температурная зависимость сопротивления раствора электролита, вывод законов электролиза и т. д.), собственная и примесная проводимость полупроводников, формирование р-п-перехода и управление им и т. д. При проведении занятия в такой форме студенты учатся подбирать материал, используя различные источники (учебники и интернет-ресурсы); структурировать его, выделяя важные моменты; представлять доклад-презентацию перед аудиторией. Студентам предлагается обращать внимание как на теоретические, так и на практические аспекты рассматриваемых вопросов: баланс между этими аспектами может быть разным, в зависимости от профиля направления подготовки. После каждого выступления преподаватель задает вопросы, что позволяет поддерживать внимание аудитории, и отмечает положительные стороны выступления. По итогам семинара студенты выполняют тест, а подготовку и выступление каждого студента преподаватель оценивает в рамках балльно-рейтинговой системы [16].

Такие формы проведения практических занятий позволяют студентам, используя технологии проектного, перевернутого и активного обучения, расширить предметные знания, поняв взаимосвязь между изучаемыми разделами физики, и раскрывает потенциал и личностно-индивидуальные возможности студентов, развивает творческие способности в получении ими знаний и навыков.

Проведение лабораторных занятий

Существуют общие подходы к организации лабораторного практикума по физике, направленные на реализацию его целей и задач. Выполняя ЛР, студенты приобретают навыки постановки и проведения эксперимента, работы с оборудованием и измерительными приборами, овладевают методиками обработки и анализа полученных экспериментальных данных [19, 24, 25]. Однако при неоспоримой значимости лабораторного практикума могут возникнуть ситуации, когда выполнение ЛР по готовым методическим указаниям приводит к тому, что, строго следуя инструкции, студент может успешно выполнить работу, так и не осознав ни сути проведенного эксперимента, ни физики работы. Кроме того, сокращение аудиторных часов, отводимых на изучение курса физики, приводит к тому, что часть вопросов, имеющих высокую значимость для понимания физических законов, не удастся обсудить в достаточном объеме в рамках лекционных занятий, но можно рассмотреть на занятиях физического практикума.

Решить эти проблемы, расширяя спектр возможностей по получению информации на лабораторных занятиях, предлагается по следующим направлениям.

1) *Знакомство с историей развития физики на примере классических физических экспериментов, открытий и законов.* Важность знания истории развития физики для понимания логики развития представлений о природе и ее законах сложно переоценить. Часть ЛР основана на воспроизведении известных классических опытов. В нашем лабораторном практикуме для студентов инженерных направлений подготовки есть, например, такие работы: «Определение коэффициента вязкости методами Стокса и Пуазейля», «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца – метод Дю Нуи», «Определение коэффициента Пуассона способом Клемана–Дезорма», «Опыт Милликена», «Определение удельного заряда электрона методом магнетрона», «Изучение законов фотоэффекта».

Приведем еще пример, который позволяет увидеть взаимосвязь между разделами физики. В ЛР по определению коэффициента теплопроводности металла классическим методом с помощью уравнения Фурье в качестве дополнительных заданий предлагается прове-

ритель выполнение закона Видемана–Франца, продумать и провести измерения сопротивления массивного металлического образца, рассчитать его удельное сопротивление. Выполнение такой исследовательской работы требует от обучающихся определенных навыков экспериментатора, поэтому ее можно давать не всем.

2) *Демонстрация многофункциональности лабораторных установок.* Следует отметить, что разработка новых упражнений к ЛР или новых ЛР на базе имеющихся установок может быть организована как проектная деятельность студентов при подготовке к студенческой конференции. Например, обсуждение вопросов принадлежности физического маятника к гармоническим осцилляторам требует в комплексе повторения материала динамики вращательного движения твердого тела. Целью расширения возможностей установки стандартной ЛР по определению ускорения свободного падения с помощью оборотного маятника стало изучение законов колебаний физического маятника и определение момента инерции физического маятника по периоду его собственных колебаний. В ходе выполнения эксперимента в зависимости от уровня подготовки студента можно выбрать разные упражнения: определение момента инерции однородного металлического стержня относительно оси, перпендикулярной стержню; подтверждение свойства аддитивности момента инерции твердого тела; проверка теоремы Штейнера. Выполнение различных заданий данной ЛР не только позволяет реализовать индивидуальные траектории обучения, но и помогает продемонстрировать взаимосвязь между различными разделами классической механики. Такой подход позволяет расширить спектр возможностей одной установки при ее использовании в изучении различных тем.

Организация самостоятельной работы

Студентам младших курсов в ходе изучения физики предлагаются творческие задания: создание действующих моделей устройств, подготовка сообщений для выступления на студенческой конференции. Примеры тем: «Получение высокого вакуума», «Современная термометрия», «Давление света», «Получение сверхнизких и низких температур» и многие другие. Если выбранные темы связаны с историей открытия и постановкой классических физических экспериментов, то таким

образом может быть реализована теоретическая виртуальность проведения экспериментов, многие из которых не воспроизвести на занятиях лабораторного практикума. Знакомство с классикой физического эксперимента расширяет кругозор бакалавров младших курсов, приобщает к открытиям, повышает мотивацию к изучению курса физики, создавая основу для применения методов анализа, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач [26–28].

Рассмотрим опыт изучения классических экспериментов на примере подготовки сообщений по теме «Опытное подтверждение молекулярно-кинетической теории». Предлагалось рассмотреть методику проведения эксперимента, его детали и обсудить, как великие физики-экспериментаторы проводили обработку и анализ полученных экспериментальных данных. На обсуждение перед студенческой аудиторией были вынесены разные по степени известности эксперименты, подтверждающие основные положения молекулярно-кинетической теории. Особое внимание было предложено уделить обсуждению деталей проведения следующих классических экспериментов:

- опыты Ж. Перрена по определению числа Авогадро, проведенные в 1908 г.
- Броуновское движение и основы теории М. Смолуховского и А. Эйнштейна.
- Прямое подтверждение распределения Дж. Максвелла – Опыт Б. Ламмерта по экспериментальной проверке распределения Максвелла, поставленный в 1929 г., основанный на прямых измерениях скорости атомов ртути в пучке. Изменяя угловую скорость вращения дисков, можно было отбирать из пучка молекулы, имеющие определенную скорость, и по регистрируемой детектором интенсивности судить об относительном содержании их в пучке.

Опыт И. Эстермана, поставленный в 1949 г. совместно с О. Симпсоном и О. Штерном, по изучению движения атомов цезия под действием силы тяжести. Проведенные исследования подтвердили наличие распределения Максвелла по скоростям для атомных и молекулярных пучков.

Обсуждение деталей эксперимента открывает большие возможности для понимания целостности курса физики. Например, обсуждение результатов опыта Ж. Перрена по

распределению частиц гуммигута невозможно без обсуждения распределения Больцмана для любых потенциальных силовых полей, с учетом действующих на частицы сил тяжести и Архимеда, и последующей графической интерпретации полученных экспериментальных данных.

Тема сообщения «Развитие представлений о природе ферромагнетизма», подготовленного студенткой для выступления на конференции, возникла при обсуждении результатов ЛР «Изучение магнитных свойств ферромагнетиков». На младших курсах изучение свойств и природы ферромагнетизма происходит на феноменологическом уровне. Эта работа позволила студентке углубить и расширить свои знания о ферромагнетизме, проследив в историческом аспекте развитие представлений о данном явлении. Обсуждение таких экспериментов, как эффект Баркгаузена, опыты Эйнштейна и де Гааза, Штерна и Герлаха, позволило продемонстрировать роль физического эксперимента в установлении новых физических знаний (например, роль спинового магнитного момента для объяснения ферромагнетизма) [29].

Учитывая разную подготовку студентов, можно предлагать им темы, на первый взгляд, меньшей физической направленности. Особый интерес ежегодно вызывает тема «Физика в кинолентах». Подготовленное творческое задание по этой теме неизменно привлекает студентов, авторы выступления показывают отрывки из фильмов и объясняют появляющиеся на экране несоответствия с физической точки зрения. На примере фрагментов фильмов «Марсианин», «Звездные войны», «Гравитация», «Индиана Джонс» и многих других блокбастеров можно проиллюстрировать отклонения от законов физики. Приключения героев сопровождаются звуковыми эффектами в космосе, отсутствует негативное воздействие космической радиации, происходят явные нарушения в законе сохранения импульса при движении космонавтов. Особо кинематографически, забыв про физику, бездействуют силы инерции при торможении, струи марсианского воздуха бьют с сильным напором внутрь купола через дыру, целлофан чудесным образом позволяет выдерживать стократный перепад давлений и многие другие нелепости. Студенты с удовольствием их опровергают и находят им правильное объяснение. Сразу же возникает много вопросов для обсуждения. Такая тема оказалась лучшим

вариантом для того, чтобы заинтересовать даже не слишком мотивированных студентов к изучению физики.

Подготовка сообщений и докладов позволяет приобрести навыки работы с литературными источниками, критического отбора материала, поиска нужной информации.

Создание действующих моделей устройств – еще один вид заданий, предлагаемый студентам. Темы для разработки и последующего выступления относятся к различным разделам физики, рассмотрение которых преподаватель не всегда выносит на аудиторные занятия, но они важны для более глубокого понимания законов физических явлений и их практической значимости. В качестве примера можно привести разработку по теме «Портативная метеостанция своими руками», где студентом первого курса был рассмотрен способ разработки портативной метеостанции, которая является простым и удобным устройством для отслеживания барометрических характеристик помещения на расстоянии. В рамках работы была создана действующая модель метеостанции, которая была функционально апробирована [30].

Работа по созданию модели генератора Ван де Граафа часто вызывает интерес у студентов. Так, за последние пять лет выполнено три модели генератора, каждая со своими положительными сторонами, особенностями и недостатками. Одну из моделей используем на первой лекции по электромагнетизму для демонстрации электростатических явлений; она же выступает элементом агитации для привлечения студентов к активному изучению физики. При моделировании генератора, кроме изучения физических принципов, лежащих в основе его действия, вопросов электробезопасности, студентам приходится решать и технические вопросы. Например, как задать вращательный момент для колесика, создающего движение диэлектрической ленты; какой материал выбрать для диэлектрической ленты; как нагляднее продемонстрировать накопление заряда на «шаре» модели генератора и т. д.

Аспекты практической значимости изучения физики

Изучение законов физики раскрывает широкие возможности для обсуждения их практической значимости. При проведении всех видов занятий используем примеры и задачи, учитывая профили направлений подготовки

студентов. Например, изучая тему «Явление электромагнитной индукции», особое внимание студентов, обучающихся по профилю «Медицинская физика» (направление Физика), обращаем на условия возникновения индукционных токов в биологических тканях, их действий на организм человека и применение в медицине – индуктотермия. Более подробно применение индукционного нагрева и плавки в производстве обсуждаем со студентами, обучающимися по профилю «Электроника и наноэлектроника».

При изучении прямого и обратного пьезоэффекта, эффекта Холла, термоэдс обсуждаем физические основы работы датчиков и измерительных приборов и сферы их применения: использование различных датчиков для измерений, контроля и автоматизации в различных областях с учетом профиля направлений подготовки.

Знание законов механики позволит рассчитывать скорости, траектории движения объектов, что при создании программ студентами IT-направлений подготовки позволит сделать анимации и симуляции более реалистичными.

Учет практической значимости изучения физики и демонстрация примеров применения физических явлений относительно профиля подготовки способствует повышению мотивации к обучению.

Заключение

Выбор подходов к организации всех видов занятий по физике для студентов младших курсов инженерных направлений подготовки проводится преподавателем на основе выбора современных интерактивных технологий обучения, способствуя активному вовлечению студентов в учебный процесс, повышению текущей успеваемости и мотивации студентов на получение знаний. Особое внимание уделяется решению сложных заданий в рамках проектной деятельности.

Для усиления мотивации к изучению предмета и формирования интереса к будущей специальности предлагается обращать особое внимание на методологические и организационные моменты. А именно, акцентировать внимание студентов на практической значимости получения физических знаний, увеличивать долю лабораторных, практических занятий и творческих заданий. В предлагаемых студентам заданиях рекомендуется выделять

атрибуты научного познания, определять области экспериментального и теоретического исследования, методы анализа, оценивать информативность полученных результатов. Принципиально постараться сформировать и поддерживать живой интерес у студента как исследователя в вопросах физики. Для этого на протяжении изучения разных разделов курса нужно выделять особенности физического мышления для постановки и понимания роли эксперимента в науке, объяснения его результатов выбранной научной теорией. При проведении занятий предлагается использовать все возможные форматы обучения.

Описан опыт по формированию индивидуальных траекторий обучения при проведении занятий по физике на младших курсах с учетом уровня исходных знаний по предмету, динамики изменения уровня знаний и выбранного студентом направления подготовки. Необходимые изменения и корректировки в организации учебного процесса проводятся преподавателем на основании мониторинга успеваемости студентов в течение семестра и по итогам их анкетирования.

Данные регулярно проводимого анкетирования студентов подтверждают, что описанные в статье подходы помогают более эффективно вести учебный процесс, формируют потребности в получении и применении практических знаний по физике, способствуют развитию творческого потенциала и исследовательских навыков студентов, активизируют их творческую работу.

Предлагаемые подходы по организации занятий по физике, включая самостоятельную работу студентов, должны быть ориентированы на формирование навыков по применению естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности инженера, и в итоге способствовать формированию начального уровня общепрофессиональных и общекультурных компетенций, задаваемых профессиональными стандартами.

Проделанная работа не описывает все возможности совершенствования учебного процесса по физике. Дальнейшую работу в этом направлении предполагается сфокусировать на совершенствование системы оценивания знаний студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стенограмма заседания Совета при Президенте по стратегическому развитию и национальным проектам от 18.07.2022. URL: <http://prezident.org/tekst/stenogramma-zasedaniya-soveta-po-strategicheskomu-razvitiyu-i-nacionalnym-proektam-18-07-2022.html> (дата обращения 20.06.2024).
2. Образовательные технологии для подготовки инженерных кадров / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров, Ю.С. Жидик, С.П. Иваничко // Инженерное образование. – 2023. – № 34. – С. 109–122. DOI: 10.54835/18102883_2023_34_10
3. Остроумова Ю.С., Ханин С.Д. Подготовка инженерных кадров к решению наукоёмких профессиональных задач средствами физического образования // Физика в системе современного образования: Сборник научных трудов XV международной конференции (ФССО-2019). – СПб: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2019. – Т. 1. – С. 250–255.
4. Похолоков Ю.П. Инженерное образование России: проблемы и решения. Концепция развития инженерного образования в современных условиях // Инженерное образование. – 2021. – № 30. – С. 96–107. DOI: 10.54835/18102883_2021_30_9
5. Соловьев В.П., Перескокова Т.А. О концепции развития инженерного образования // Инженерное образование. – 2022. – № 32. – С. 119–131. DOI: 10.54835/18102883_2022_32_11
6. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2019 года по физике. – М., 2019. – 30 с. URL: http://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2019/fizika_2019.pdf (дата обращения 03.07.2024).
7. Демидова М.Ю., Грибов В.А. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2023 года по физике. – М., 2023. – 34 с. URL: http://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2023/fi_mr_2023.pdf (дата обращения 03.07.2024)
8. Число сдающих физику на ЕГЭ уменьшается, а число сдающих информатику растёт // Вести образования. – 2022. – 6 мая. URL: https://vogazeta.ru/articles/2022/5/6/EGE_OGE/19822chislo_sdayushih_fiziku_na_ege_umenshaetsya_a_chislo_sdayushih_informatiku_rastyot (дата обращения: 03.07.2024).
9. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2022 года по физике. – М., 2022. – 40 с. URL: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2022/fi_mr_2022.pdf (дата обращения 03.07.2024).
10. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2021 года по физике. – М., 2021. – 34 с. URL: http://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2021/fiz_mr_2021.pdf (дата обращения 03.07.2024).
11. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2020 года по физике. – М., 2020. – 29 с. URL: http://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2020/Fizika_mr_2020.pdf (дата обращения 03.07.2024).
12. Active learning in studying physics as the first research experience of university students / E. Kazakova, S. Kirpu, M. Kruchek, E. Moshkina, O. Sergeeva, E. Tikhomirova // Physics Education for Students: an Interdisciplinary Approach. – Singapore: Bentham Books, 2021. – P. 13–23. DOI: 10.2174/9789814998512121010004.
13. Ященко И.В., Высоцкий И.Р., Семенов А.В. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2023 года по математике. – М., 2023. – 43 с. URL: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2023/ma_mr_2023.pdf (дата обращения 03.07.2024).
14. Овчаренко А.Г. Повышение роли мотивации в инженерном образовании // Инженерное образование – 2022. – № 32. – С. 7–14. DOI: 10.54835/18102883_2023_33_1
15. Казакова Е.Л., Мошкина Е.В., Сергеева О.В. Анализ формирования мотивации студентов к изучению физики в современных условиях // Открытое образование. – 2022. – Т. 26. – № 2. – С. 19–29.
16. Казакова Е.Л., Мошкина Е.В., Сергеева О.В. Об объективности оценивания качества знаний при преподавании физики в вузе // Инженерное образование. – 2023. – № 34. – С. 88–100.
17. Справка Blackboard. URL: <http://ru-ru.help.blackboard.com/> (дата обращения 28.05.2024).
18. Darrow Karl K. Physics as a science and an art // Physics Today. – 1951. – Vol. 4 (11). – P. 6–11. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.3067093>
19. Буланова-Топоркова М.В. Педагогика и психология высшей школы. – Ростов на Дону: Феникс, 2002 – 544 с.
20. Асташова Т.А. Современная лекция в вузе глазами студентов и преподавателей // Образовательные технологии и общество. – 2017. – № 3. – С. 299–308. URL: <https://sciup.org/140224508> (дата обращения 03.07.2024)
21. Клишкова Н.В., Новикова Н.Г. Лекционные исследования в контексте практико-ориентированного обучения физике // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. – 2023. – № 4. – С. 98–102.

22. Кожевников Н.М. Демонстрационные эксперименты по общей физике. – СПб.: Лань, 2017. – 248 с.
23. Кулешов С.М., Поканинова Е.Б. Предметное и надпредметное знание в практике преподавания и обучения в системе высшего образования // Казанский педагогический журнал. – 2018. – № 5. – С. 85–90.
24. Левкин И.В., Рассказов А.В., Хусаинов Ш.Г. Некоторые аспекты организации и проведения лабораторных работ по физике для студентов-бакалавров с применением интерактивных технологий // Казанский педагогический журнал. – 2018. – № 5 (130). – С. 137–140.
25. Полицинский Е.В. Организация учебной деятельности студентов по подготовке и выполнению лабораторных работ по физике // Инженерное образование. – 2017. – № 22. – С. 165–172.
26. Shareef M. Shareef, Nithyanantham Vinnaras. Technology and media // Fundamentals of educational technology. – Bentham Books imprint. – 2022. – P. 98–125. DOI: 10.2174/9789815039832122010008
27. Emerging use of technologies in education / A. Charles, J. Yomboi, N. Arko-Cole, A. Tijani // Ebook: Digital Transformation in Education: Emerging Markets and Opportunities Bentham Books imprint. – 2023. – Vol. 1. – P. 82–97. DOI: 10.2174/9789815124750123010009
28. Ветохин С.С. О качестве высшего образования // Высшее техническое образование. – 2020. – Т. 4. – № 2. – С. 6–11.
29. Широкая А.А. Развитие представлений о природе ферромагнетизма // StudArctic forum. – 2023. – Т. 8. – № 3. – С. 80–85.
30. Королёв Н.Л. Портативная метеостанция своими руками // Материалы 75-й Всероссийской научной конференции обучающихся и молодых учёных. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2023. – С. 481–483. URL: <http://elibrary.petrso.ru/books/67632> (дата обращения: 03.07.2024).

Поступила: 25.08.2024
Опубликована: 30.12.2024

UDC 372.853:378.14

DOI: 10.54835/18102883_2024_36_8

EXPERIENCE OF ORGANIZING PHYSICS CLASSES IN HIGHER EDUCATION AT JUNIOR COURSES

Elena L. Kazakova,

Cand. Sc., Associate Professor,
elionkaz@yandex.ru

Olga V. Sergeeva,

Cand. Sc., Associate Professor,
osergeeva@petrsu.ru

Petrozavodsk State University,
33, Lenin avenue, Petrozavodsk, 185910, Russian Federation

The paper describes the approaches to the organization of teaching physics for junior courses of engineering training in regional higher education institution. The change in the format of all types of classes is aimed at increasing the share of students' active involvement in the educational process. The authors note the need to take into account the level of background knowledge of the subject matter. When selecting approaches, feedback from students through questionnaires is implemented to make adjustments in the learning process. An integrated approach to the selection of educational technologies and teaching methods will ensure sufficient effectiveness of the educational process.

Keywords: teaching physics, individual learning paths, active learning, questionnaire

REFERENCES

1. *Transcript of the meeting of the Council under the President for Strategic Development and National Projects of 18 June 2022.* In Rus. Available at: <http://prezident.org/tekst/stenogramma-zasedaniya-soveta-po-strategicheskomu-razvitiyu-i-nacionalnym-proektam-18-07-2022.html> (accessed: 20 June 2024).
2. Troyan P.E., Sakharov Yu.V., Zhidik Yu.S., Ivanichko S.P. Educational technologies for teaching engineering students. *Engineering education*, 2023, no. 34, pp. 109–122. In Rus. DOI: 10.54835/18102883_2023_34_10
3. Ostroumova Yu.S., Hanin S.D. Training of engineering personnel to solution scientific professional tasks physical education means. *Collection of scientific papers of the XV international conference. Physics in the system of modern education (FSSO-2019)*. St. Petersburg, Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen, 2019. Vol. 1, pp. 250–255. In Rus.
4. Pokholkov Yu.P. Engineering education in Russia: problems and solutions. The concept of development of engineering education in modern conditions. *Engineering education*, 2021, no. 30, pp. 96–107. In Rus. DOI: 10.54835/18102883_2021_30_9
5. Solovyev V.P., Pereskokova T.A. Concept of engineering education development. *Engineering education*, 2022, no 32, pp. 119–131. In Rus. DOI: 10.54835/18102883_2022_32_11
6. Demidova M.Yu. *Methodological recommendations for teachers, prepared on the basis of an analysis of typical mistakes of participants in the Unified State Exam 2019*. Moscow, 2019. 30 p. In Rus. Available at: http://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2019/fizika_2019.pdf (accessed: 03 July 2024)
7. Demidova M.Yu., Gribov V.A. *Methodological recommendations for teachers, prepared based on the analysis of typical mistakes of participants in the 2023 Unified State Exam in Physics*. Moscow, 2023. 34 p. In Rus. Available at: http://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2023/fi_mr_2023.pdf (accessed: 03 July 2024).
8. The number of those taking physics at the Unified State Exam is decreasing, and the number of those taking computer science is growing. *Vesti obrazovaniya*, 2022. In Rus. Available at: https://vogazeta.ru/articles/2022/5/6/EGE_OGE/19822chislo_sdayuschih_fiziku_na_ege_umenshaetsya_a_chislo_sdayuschih_informatiku_rastyot (accessed: 03 July 2024).
9. Demidova M.Yu. *Methodological recommendations for teachers, prepared on the basis of an analysis of typical mistakes of participants in the Unified State Exam 2022*. Moscow, 2022. 40 p. In Rus. Available at: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2022/fi_mr_2022.pdf (accessed: 03 July 2024).
10. Demidova M.Yu. *Methodological recommendations for teachers, prepared on the basis of an analysis of typical mistakes of participants in the Unified State Examination 2021*. Moscow, 2021. 34 p.

- In Rus. Available at: http://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2021/fiz_mr_2021.pdf (accessed: 03 July 2024).
11. Demidova M.Yu. *Methodological recommendations for teachers, prepared on the basis of an analysis of typical mistakes of participants in the Unified State Exam 2020*. Moscow, 2020. 29 p. In Rus. Available at: http://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2020/Fizika_mr_2020.pdf (accessed: 03 July 2024).
 12. Kazakova E., Kirpu S., Kruchek M., Moshkina E., Sergeeva O., Tikhomirova E. Active learning in studying physics as the first research experience of university students. *Physics Education for Students: an Interdisciplinary Approach*. Singapore, Bentham Books, 2021. pp. 13–23. DOI: 10.2174/9789814998512121010004.
 13. Yashchenko I.V., Vysotskiy I.R., Semenov A.V. Methodological recommendations for teachers prepared on the basis of analysis of typical errors of participants of the USE 2023 in mathematics. Moscow, 2023. 43 p. In Rus. Available at: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2023/ma_mr_2023.pdf (accessed: 03 July 2024).
 14. Ovcharenko A.G. Increasing the role of motivation in engineering education. *Engineering education*, 2022, no. 32, pp. 7–14. In Rus. DOI: 10.54835/18102883_2023_33_1
 15. Kazakova E.L., Moshkina E.V., Sergeeva O.V. Analysis of the formation of students' motivation to study physics in modern conditions. *Open education*, 2022, vol. 26, no. 2, pp. 19–29. In Rus.
 16. Kazakova E.L., Moshkina E.V., Sergeeva O.V. Objectivity of knowledge quality assessment in physics teaching at the university. *Engineering education*, 2023, no. 34, pp. 88–100. In Rus.
 17. *Blackboard Help*. In Rus. Available at: <http://ru-ru.help.blackboard.com/> (accessed: 10 June 2024).
 18. Darrow K.K. Physics as a science and an art. *Physics Today*, 1951, no. 4 (11), pp. 6–11. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.3067093>
 19. Bulanova-Toporkova M.V. *Pedagogy and psychology of higher education*. Rostov on Don, Phoenix Publ., 2002. 544 p. In Rus.
 20. Astashova T.A. Modern lecture in higher education institution through the eyes of students and teachers. *Educational technology and society*, 2017, no. 3, pp. 299–308. In Rus. Available at: <https://scipub.org/140224508> (accessed: 03 July 2024).
 21. Klishkova N.V., Novikova N.G. Lecture research in the context of practice-oriented physics teaching. *Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Humanities*, 2023, no. 4, pp. 98–102. In Rus.
 22. Kozhevnikov N.M. *Demonstration experiments in general physics*. St Petersburg, Lan Publ., 2017. 248 p. In Rus.
 23. Kuleshov S.M., Pokaninova E.B. Subject and pretential knowledge in practice of teaching and training in the system of higher education. *Kazan Pedagogical Journal*, 2018, no. 5, pp. 85–90. In Rus.
 24. Levkin I.V., Rasskazov A.V., Khusainov Sh.G. Some aspects of the organization and conduct of laboratory work on physics for undergraduate students using interactive technologies. *Kazan Pedagogical Journal*, 2018, no. 5, pp. 137–140. In Rus.
 25. Politsinskiy E.V. Organization of students' educational activity on preparation and performance of laboratory works in physics. *Engineering education*, 2017, no. 22, pp. 165–172. In Rus.
 26. Shareef M. Shareef, Nithyanantham Vinnaras. Technology and media. *Fundamentals of educational technology*. Bentham Books imprint, 2022, pp. 98–125. DOI: 10.2174/9789815039832122010008
 27. Charles A., Yomboi J., Arko-Cole N., Tijani A. emerging use of technologies in education. *Ebook: Digital Transformation in Education: Emerging Markets and Opportunities*. Bentham Books imprint, 2023, vol. 1, pp. 82–97. DOI: 10.2174/9789815124750123010009
 28. Vetoxin S.S. On the quality of higher education. *Higher technical education*, 2020, vol. 4, no. 2, pp. 6–11. In Rus.
 29. Shirokaya A.A. Development of ideas about the nature of ferromagnetism. *StudArctic forum*, 2023, vol. 8, no 3, pp. 80–85. In Rus.
 30. Korolyov N.L. Portable weather station with your own hands. *Proceedings of the 75th All-Russian Scientific Conference of Students and Young Scientists*. Petrozavodsk, PetrSU Publ. House, 2023. pp. 481–483. In Rus. Available at: <http://elibrary.petsu.ru/books/67632> (accessed: 03 July 2024).

Received: 25.08.2024

Accepted: 30.12.2024