

ПЕДАГОГИКА — ПРАКТИКЕ / PEDAGOGY TO PRACTICE

Научная статья / Research Article
<https://doi.org/10.55959/LPEJ-24-28>
УДК/UDC 378, 53.02

Разработка тестов для проверки остаточных знаний по общему курсу физики у студентов НИУ МЭИ

И.В. Мурсенкова^{1,2}✉, О.И. Лубенченко¹, К.М. Лапицкий¹

¹Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва, Российская Федерация

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

✉ murs_i@physics.msu.ru

Резюме

Актуальность. Преподавание общего курса физики в техническом вузе направлено на формирование у студентов целостной системы знаний и умений будущих инженеров. Мониторинг качества образовательного процесса и проверка усвоения физических знаний у студентов являются важными составляющими учебного процесса. Дистанционное тестирование как часть дистанционных образовательных технологий имеет значительный потенциал для контроля знаний по физико-математическим дисциплинам, для совершенствования полученных умений и навыков.

Цель. Цель исследования состоит в разработке тестов для эффективной и качественной оценки остаточных знаний по курсу физики у студентов и апробации этих тестов. Основное внимание уделяется описанию профессионального подхода к разработке тестов для мониторинга усвоения студентами основных знаний курса общей физики после изучения материала. Апробация тестов проведена с целью корректировок материалов, необходимых для полного и систематического контроля уровня остаточных знаний.

Методы. Обобщается опыт разработки тестов для проверки остаточных знаний у студентов по разделам общего курса физики на основе подробного анализа и отбора предметного материала. Тестирование как метод контроля усвоенных знаний применяется для диагностики знаний, умений и навыков, для контроля характеристик процесса усвоения знаний. Эффективность

применения итоговых тестов для диагностики уровня знаний студентов второго курса определяется методами сравнения и анализа полученных данных.

Результаты. Дан обзор предметного материала, разработана структура тестов для оценки остаточных знаний по оптике и квантовой физике. Проведен анализ уровня тестовых заданий и предложены варианты их реализации в Национальном исследовательском университете «МЭИ» с использованием внутривузовской системы дистанционного тестирования. Тестирование прошли более 500 студентов второго курса бакалавриата, обучающихся по разным направлениям. Показано, что разработанные тесты позволяют определить уровень знания основных физических понятий, явлений, законов и могут применяться для мониторинга формирования физических знаний у студентов технических университетов.

Выводы. Обсуждается общая структура итоговых тестов для проверки остаточных знаний по курсу физики, по результатам тестирования делается вывод об эффективности использования выбранного проверочного материала и компьютерной формы тестирования с автоматизированной оценкой знаний. Полученную статистику уровня освоения учебного материала можно использовать при разработке тестовых заданий по общему курсу физики в технических вузах.

Ключевые слова: обучение физике, дистанционное оценивание, остаточные знания, студенты технических специальностей

Для цитирования: Мурсенкова, И.В., Лубенченко, О.И., Лапицкий, К.М. (2024). Разработка тестов для проверки остаточных знаний по общему курсу физики у студентов НИУ МЭИ. *Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование*, 22(4), 103–121. <https://doi.org/10.55959/LPEJ-24-28>

Development of the residual knowledge tests on the general course of physics for the students of the National Research University MPEI

Irina V. Mursenkova^{1,2} ✉, Olga I. Lubenchenko¹,
Konstantin M. Lapitsky¹

¹ National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Moscow, Russian Federation

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

✉ murs_i@physics.msu.ru

Abstract

Background. Teaching a general course of physics in a technical university is aimed at developing a holistic system of knowledge and skills in future engineers. Monitoring the quality of the educational process and checking the assimilation of physical knowledge in students are important components of the educational process. Distance testing as a part of distance education technologies has a significant potential for controlling knowledge in physics and mathematics disciplines, for improving acquired skills and abilities.

Objectives. The purpose of the study is to develop tests for effective and high-quality assessment to check the students' residual knowledge of the physics course and to check their application. The main attention is paid to the description of professional approach to the development of tests for monitoring students' mastery of the basic knowledge of the general physics course after graduation. Approbation of the tests is carried out in order to verify the materials necessary for a complete and systematic control of the level of residual knowledge.

Methods. The experience of developing tests for checking students' residual knowledge in parts of the general physics course is summarized based on a detailed analysis and selecting the necessary material. Testing as a method of knowledge control is used to check knowledge, skills and abilities, to control the characteristics of the process of knowledge assimilation. The effectiveness of the final tests for the second-year students' knowledge level is defined by the methods of comparing and analyzing the obtained data.

Results. An overview of the subject material is given, a structure of tests for assessment of residual knowledge on optics and quantum physics is developed. An analysis of the level of test tasks and options for their implementation at National Research University "Moscow Power Engineering Institute" using the intra-university system of distance testing is conducted. More than 500 second-year second-year bachelor's students studying in different specialties have been tested. It is shown that the created tests allow to determine the level of knowledge of basic physical definitions, phenomena, laws and can be used to monitor the formation of physical knowledge of technical university students.

Conclusions. The general structure of the resulting tests for checking residual knowledge in the physics course and variants of test tasks of different levels are discussed. The study lead to the conclusion on the effectiveness of using the selected testing material based on the testing results and computerized form of testing with automated assessment of knowledge. The obtained data on the level of learning material assimilation can be used in the development of test tasks for the general physics course in technical universities.

Keywords: physics education, distance learning, residual knowledge, students of technical specialties

For citation: Mursenkova, I.V., Lubenchenko, O.I., Lapitsky, K.M. (2024). Development of the residual knowledge tests on the general course of physics for the students of the National Research University MPEI. *Lomonosov Pedagogical Education Journal*, 22(4), 103–121. <https://doi.org/10.55959/LPEJ-24-28>

Введение

Тестирование в качестве способа контроля широко используется в различных областях знаний, выявляя профессиональную ориентированность и уровень владения тем или иным учебным предметом. В последние десятилетия практика тестирования стала неотъемлемой частью методики преподавания практически всех дисциплин в вузах (Садовничий, 2024; Калинина, 2014). Важность проверки остаточных знаний как составляющей мониторинга качества образовательного процесса общепризнана (Калинина, 2014; Калашников и др., 2010; Машиньян и др., 2023). Цифровая трансформация средств обучения в системе современного образования приводит к коррективам в федеральных государственных образовательных стандартах, где появляются требования к образовательным результатам в виде цифровых компетенций¹ (Садовничий, 2024). Вследствие этого в настоящее время технологии дистанционного тестирования широко применяются для методических решений в профессиональном образовании (Калашников и др., 2010; Лидер и др., 2015; Клещева, Плотников, 2019).

Фундаментальность физического образования — основа профессиональных знаний выпускника технического университета в инженерной деятельности. Эффективное применение знаний определяется умениями, которые получают студенты в процессе базового изучения курса общей физики. Курс физики в рамках Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования направлен на формирование у студентов целостной системы знаний и умений. Квалификация специалистов технических вузов определяется не только объемом полученных знаний, но и уровнем понимания общих законов развития науки и техники, навыками научного мышления, поэтому обеспечение высокого уровня подготовки студентов в рамках курса физики (соответствующего курсу общей физики

¹ ФГОС высшего образования по направлениям подготовки бакалавриата (<https://fgos.ru/>).

для естественнонаучных специальностей университетов) является принципиально важным (Боков и др., 2017; Калашников и др., 2010; Лидер и др., 2015; Фабрикант, 1974). Целью тестирования при изучении физики является определение уровня сформированности компетенций у студентов, обучающихся по образовательным программам высшего образования (Боков и др., 2017; Калашников и др., 2010). В ряде исследований отмечено, что направленное систематическое проведение тестирования необходимо как на всех этапах обучения физике, так и на этапе проверки остаточных знаний студентов (Калашников и др., 2010; Крук, 2018; Машиньян и др., 2023). Остаточными знаниями считается часть изученного материала, которая достаточно долго (в течение нескольких месяцев или лет) остается в памяти обучающегося по окончании изучения дисциплины (профессионального модуля). Одной из целей учебного процесса в вузе является обеспечение высокого уровня остаточных знаний (Машиньян и др., 2023). В статье основное внимание уделяется описанию профессионального подхода к разработке тестов для мониторинга усвоения студентами основных знаний курса общей физики после изучения материала.

Проверка остаточных знаний в НИУ МЭИ

Учебный материал по курсу физики, читаемому на кафедре физики имени В.А. Фабриканта Национального исследовательского университета «МЭИ» (НИУ МЭИ), разбит на три модуля, которые включают механику, термодинамику и молекулярную физику, электричество и магнетизм, оптику и квантовую физику². По разным направлениям количество часов в учебном плане, приходящихся на различные виды учебных занятий, различается. Общий курс физики начинается в первом семестре и заканчивается в третьем семестре изучением разделов «Оптика» и «Квантовая физика», в рамках которых студентам необходимо понять и освоить основные идеи и принципы квантово-механического подхода при изучении фундаментальных основ физики.

Проверка остаточных знаний проводится в НИУ МЭИ, соответственно, во втором, третьем, четвертом семестрах обучения. Для контроля усвоения материала разработаны и применяются разные виды тестов: текущих достижений, диагностический, уровневый и другие (Боков и др., 2017; Калашников и др., 2010; Клещева, Плотно-

² Кафедра физики им. В.А. Фабриканта (<https://mpei.ru/>).

ников, 2019; Миронова и др., 2007). Применяются тестовые задания закрытого типа, предусматривающие один или множество ответов, установление последовательности или соответствия, и открытого типа, требующие написания словосочетания или числового выражения. Для студентов тестирование применяется и при обучении, и при проверке знаний, соответствующих выбранной специальности. Тестирование используется на промежуточных этапах обучения для контроля текущих достижений, в конце каждого семестра для итоговой оценки степени усвоения материала. В данной работе рассматриваются тесты по физике для студентов второго курса, завершивших изучение общего курса физики. Авторы — преподаватели кафедры физики имени В.А. Фабриканта Национального исследовательского университета «МЭИ» — разработали варианты тестов для проверки остаточных знаний по оптике и квантовой физике. Тестовые задания разработаны таким образом, чтобы студент продемонстрировал не только свои знания, но и умение их применять. Цель тестирования — диагностика реального уровня образовательной подготовки студентов по физике.

Содержание тестовых заданий

Проверка остаточных знаний у студентов второго курса по оптике и квантовой физике проводилась на образовательной платформе «Прометей» НИУ МЭИ³. Контрольные блоки заданий, запланированные рабочей программой, выполнялись в форме тестирования. Система «Прометей» позволяла формировать тесты из единой электронной базы тестовых заданий, обеспечивая многовариантность контроля. Автоматизированная процедура оценивания результатов тестирования гарантировала объективность оценки. В тестовых заданиях закрытого типа (с выбором нескольких правильных ответов из нескольких предложенных, на установление соответствия, на установление последовательности), а также в тестовых заданиях открытого типа с дописыванием ответа, предполагающих численное решение задачи, исключался субъективный фактор при оценивании (усталости преподавателя при проверке большого числа работ, предвзятости преподавателя к конкретному студенту), что важно при большом количестве проводимых тестов. Авторами проведена предварительная апробация тестовых заданий в системе «Прометей».

³ Система дистанционного обучения «Прометей» (<https://mpei.ru/Structure/uchchast/icc/Pages/prometei.aspx>).

Организация процесса дистанционного тестирования позволила практически одновременно (в течение одной-двух недель) проверить объем знаний по физике у студентов, полученный в предшествующем проверке семестре. Студентам было предложено в течение 90 минут ответить на 20 случайных вопросов из базы тестовых заданий по темам третьего семестра «Электромагнитные волны», «Интерференция света», «Дифракция волн», «Дисперсия света», «Корпускулярно-волновой дуализм», «Квантово-механическое описание состояния частицы», «Спектры излучения атомов», «Равновесное тепловое излучение». Для физики характерен достаточно высокий уровень формализации задач; это упростило процедуру разработки проверочного материала. С другой стороны, необходимость охвата множества сложных понятий, специфических закономерностей, требование знания математического аппарата, связанного с физикой, предъявляет особые требования к отбору материала и процедуре компоновки проверочных заданий.

На первом этапе разработки тестов решалась задача создания широкой базы тестовых заданий, охватывающих тематику выбранных разделов общего курса физики для обеспечения полноты оценивания. Составленные вопросы охватывали все темы разделов «Оптика» и «Квантовая физика» и позволяли контролировать как усвоение учащимися теоретических знаний, так и навыки применения этих знаний на практике. При отборе материала основное внимание уделялось фундаментальным физическим понятиям, относящимся к темам «Физические основы оптики», «Физические основы квантовой механики», «Элементы статистической физики и теории проводимости» из рабочей программы дисциплины. При разработке тестовых заданий применялся системный подход, то есть задания соотносились с общей структурой знаний с учетом связей между ее элементами. Создавались группы заданий по темам «Электромагнитные волны», «Интерференция света», «Дифракция света», «Поляризация света», «Дисперсия света», «Квантовые свойства света», «Атом водорода», «Тепловое излучение», «Волны де Бройля», «Соотношения неопределенностей». Выполнялись иллюстрации к заданиям (рисунки и формулы, представленные в форматах, допустимых для СДО «Прометей»).

На втором этапе работы формировались последовательности выборки из базы тестовых заданий и проводилась компоновка по блокам заданий разных типов из различных групп.

На третьем этапе разработки весь объем тестовых заданий размещался в базе системы дистанционного образования «Прометей» путем экспорта из текстового файла или ввода в СДО «Прометей» напрямую. В качестве элемента управления выбиралась схема случайной выборки заданий из каждого блока в заданном количестве. В каждом блоке присутствовало 15–25 вопросов.

Наконец, на заключительном этапе работы преподавателями определялись критерии оценивания заданий всех блоков и задавался алгоритм подсчета итогового балла в системе «Прометей». Автоматизация мониторинга осуществлялась разработчиками образовательной платформы «Прометей» НИУ МЭИ.

Приведем краткое аннотирование тестовых заданий. В соответствии с методическими указаниями задания были сгруппированы в пять основных блоков разной степени сложности, где студентам предлагалось: 1) выбрать правильные ответы из множества предложенных вариантов; 2) установить последовательность физических явлений, свойств, величин; 3) установить соответствие физических явлений или свойств; 4) решить физическую задачу с получением числового ответа; 5) продолжить определения или формулировки (вопросы с открытым ответом). Выбор тестовых материалов объясняется большим вниманием, которое уделено в заданиях предметной лексике, контролю за освоением студентами физической терминологии, умением понимать и применять знания, полученные в рамках изученных в предшествующем семестре тем.

Вопросы первых трех блоков рассчитаны на средний уровень подготовки студентов и ориентированы на проверку знания определений, единиц измерения физических величин, главных формул и умения пользоваться ими. В них включены задания, не требующие вычислений. Большое число вопросов разного уровня сложности рассчитано не только на проверку знаний фактического материала, но и на его понимание. Многие из них включают формулы, графические изображения, схемы, диаграммы.

Первый блок заданий включал задания с выбором нескольких вариантов ответа для описания физических явлений, определения физических величин, законов, формул и был ориентирован на определение уровня элементарных теоретических знаний. В этом блоке предлагались задания от сравнительно простых (например, указать из предложенного перечня оптические явления, полностью объяснимые с волновой точки зрения, или выбрать верные формульные выражения энергии фотона, или выбрать правильные утверждения

для абсолютно черного тела) до усложненных (например, выбрать величины, от которых зависит длина волны де Бройля, или указать свойства волновой функции, являющейся решением уравнения Шредингера, или указать опытные законы фотоэффекта). Задания второго блока были направлены на установление понимания студентами следования свойств, характеристик, диапазонов, например, электромагнитных волн, порядка возрастания энергии кванта излучения, или понимания расположения дифракционных максимумов за дифракционной решеткой в зависимости от длины волны света, или понимания пространственного расположения спектральных линий ртути после преломления в стеклянной призме. Третий блок тестовых заданий был разработан таким образом, чтобы проверить умение установить соответствие, например, ряда утверждений теории Бора для атома водорода, или соответствие определений для квантовых или волновых свойств света, или соответствие между опытом по интерференции и формой интерференционных полос. Успешное выполнение первых трех блоков заданий соответствовало достаточно полным и систематизированным знаниям студента, грамотному использованию научной терминологии, умению делать обоснованные выводы, способностью самостоятельно применять типовые решения в рамках изучаемой дисциплины.

В четвертом блоке проверочных заданий проверялось умение применить в поставленной физической задаче необходимые соотношения, получить численный ответ, проанализировать его достоверность. В формулировке этих заданий не было явного указания на способ выполнения, и студент должен был выбрать его самостоятельно. Задания этого блока включали типовые задачи среднего уровня сложности, требующие использования одной-двух изученных формул, и повышенного уровня сложности. Задания этого блока позволяли оценить не только знания по выбранным разделам физики, но и умение пользоваться ими при решении задач. Примером таких заданий, связанных с решением несложной задачи, может быть нахождение порядка интерференционного максимума или минимума в некоторой точке экрана при заданной длине волны и указанной разности хода между интерферирующими волнами или расчет показателя преломления по заданной скорости электромагнитной волны в среде. Другие примеры проверочных заданий четвертого блока: определение отношения начальной и конечной абсолютных температур абсолютно черного тела по указанным длинам волн в максимумах его спектральной излучательной способ-

ности; определения расстояния между главными дифракционными максимумами на экране при освещении дифракционной решетки зеленым, а затем красным светом; нахождение угла, под которым расположены главные плоскости поляризатора и анализатора, когда при их прохождении интенсивность света уменьшается в четыре раза, и т.п. Цель включения подобных заданий в тест — экономия времени за счет отсутствия письменного (цифрового) оформления решения задачи, простота вычислений с числовыми данными, действия с которыми достаточно выполнить на черновике или устно, возможность программной проверки результата. В этих задачах требуется вписать верный числовой ответ с округлением до указанного разряда.

В пятом блоке заданий предлагаются вопросы с открытым ответом (ответ вписывается в указанное поле). Такими заданиями может быть продолжение определения физической величины, проверка знания функциональной зависимости, знания сути физического явления, например: «Интенсивность естественного (неполяризованного) света при прохождении через идеальный поляризатор...»; «Угол Брюстера — это такой угол падения волны на границу раздела двух диэлектриков, при котором...»; «Дисперсия света называется аномальной, если с ростом частоты излучения показатель преломления среды...»; «При увеличении в два раза амплитуды колебаний векторов напряженности электрического и магнитного полей плотность потока энергии...». Выполнение заданий четвертого и пятого блоков требовало систематизированных, полных знаний по всем разделам изучаемой дисциплины, способности самостоятельно решать физические задачи, умения ориентироваться в основных теориях, умения логически правильно изложить ответы на вопросы. Следует отметить, что задания четвертого и пятого блоков обязательно проходили процедуру мониторинга преподавателями для исключения формальных ошибок программного оценивания.

Типы и примеры тестовых заданий и максимальное количество баллов за выполнение этих заданий студентами приведены в Таблице.

Таблица
Содержание блоков тестовых заданий

Тип задания	Максимальное количество баллов за выполнение задания	Пример задания								
1. Несколько вариантов ответа	1	<p>Прочитайте задание и выберите правильные ответы. Длинной когерентности называется:</p> <ul style="list-style-type: none"> • расстояние, на которое волна с данной циклической частотой и фазовой скоростью распространяется за время когерентности; • длина интерференционной картины; • расстояние, на которое распространяется волна, за время, пока ее фаза не изменится; • длина гармонического цуга 								
2. Последовательность	1	<p>Прочитайте задание и установите последовательность. Расположите диапазоны электромагнитных волн в порядке возрастания частоты:</p> <ul style="list-style-type: none"> • радиоволны • оптическое излучение • рентгеновское излучение • гамма-излучение 								
3. Соответствие	1	<p>Прочитайте задание и установите соответствие. Укажите квантовые числа, соответствующие квантованию указанных физических величин:</p> <table border="1" data-bbox="303 943 972 1161"> <tr> <td data-bbox="303 943 639 975">А главное квантовое число n</td> <td data-bbox="639 943 972 975">1 энергия</td> </tr> <tr> <td data-bbox="303 975 639 1007">Б азимутальное квантовое число l</td> <td data-bbox="639 975 972 1007">2 модуль момента импульса</td> </tr> <tr> <td data-bbox="303 1007 639 1082">В магнитное квантовое число m</td> <td data-bbox="639 1007 972 1082">3 проекция момента импульса на физически выделенное направление</td> </tr> <tr> <td data-bbox="303 1082 639 1161">Г спиновое магнитное квантовое число m_s</td> <td data-bbox="639 1082 972 1161">4 проекция собственного момента импульса на физически выделенное направление</td> </tr> </table>	А главное квантовое число n	1 энергия	Б азимутальное квантовое число l	2 модуль момента импульса	В магнитное квантовое число m	3 проекция момента импульса на физически выделенное направление	Г спиновое магнитное квантовое число m_s	4 проекция собственного момента импульса на физически выделенное направление
А главное квантовое число n	1 энергия									
Б азимутальное квантовое число l	2 модуль момента импульса									
В магнитное квантовое число m	3 проекция момента импульса на физически выделенное направление									
Г спиновое магнитное квантовое число m_s	4 проекция собственного момента импульса на физически выделенное направление									
4. Поле ввода (задача)	1	<p>Под каким углом будет расположен дифракционный максимум 5-го порядка при дифракции монохроматической волны с длиной волны 600 нм на наблюдении дифракции света на одномерной решетке с периодом 6 мкм? Выразить угол в градусах. (Студент вписывает ответ в виде числа в поле ввода)</p>								
5. Дописывание ответа	2	<p>В опыте по наблюдению внешнего фотоэффекта излучение зеленого цвета заменили на излучение фиолетового цвета. Работа выхода электрона из металла при этом... (Студент вписывает словесный ответ в поле ввода)</p>								

Table
Contents of test task blocks

Task type	Maximum number of points for completing the task	Example of a task								
1. Multiple Answer Options	1	<p>Read the task and choose the correct answers.</p> <p>The coherence length is:</p> <ul style="list-style-type: none"> • the distance over which a wave with a given cyclic frequency and phase velocity propagates during the coherence time; • the length of the interference pattern; • the distance over which a wave propagates during the time when its phase does not change; • the length of the harmonic train 								
2. Sequence	1	<p>Read the task and establish the sequence.</p> <p>Arrange the ranges of electromagnetic waves in order of increasing frequency:</p> <ul style="list-style-type: none"> • radio waves • optical radiation • X-ray radiation • gamma radiation 								
3. Matching	1	<p>Read the task and match.</p> <p>Specify the quantum numbers corresponding to the quantization of the given physical quantities:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">A principal quantum number n</td> <td>1 energy</td> </tr> <tr> <td>B azimuthal quantum number l</td> <td>2 angular momentum module</td> </tr> <tr> <td>C magnetic quantum number m</td> <td>3 projection of angular momentum onto a physically distinguished direction</td> </tr> <tr> <td>D spin magnetic quantum number m_s</td> <td>4 projection of the proper angular momentum onto a physically distinguished direction</td> </tr> </table>	A principal quantum number n	1 energy	B azimuthal quantum number l	2 angular momentum module	C magnetic quantum number m	3 projection of angular momentum onto a physically distinguished direction	D spin magnetic quantum number m_s	4 projection of the proper angular momentum onto a physically distinguished direction
A principal quantum number n	1 energy									
B azimuthal quantum number l	2 angular momentum module									
C magnetic quantum number m	3 projection of angular momentum onto a physically distinguished direction									
D spin magnetic quantum number m_s	4 projection of the proper angular momentum onto a physically distinguished direction									
4. Input Field (Task)	1	<p>At what angle will the diffraction maximum of the 5th order be located during the diffraction of a monochromatic wave with a wavelength of 600 nm when observing the diffraction of light on a one-dimensional grating with a period of 6 μm? Express the angle in degrees. (The student enters the answer as a number in the input field)</p>								
5. Adding Answer	2	<p>In an experiment to observe the external photoelectric effect, green radiation was replaced by violet radiation. The work function of an electron leaving a metal... (The student enters a verbal answer into the input field)</p>								

Минимальный уровень тестовых заданий включал задания, применяемые для определения усвоения дисциплины в необходимом объеме. Базовый уровень заданий включал наиболее важные понятия изучаемых разделов и давал возможность ранжировать студентов по уровню знаний. Повышенный уровень тестовых заданий предназначался для выделения студентов с высоким уровнем знаний.

Например, минимальный уровень знаний по теме «Электромагнитные волны» подразумевал знание диапазона длин волн видимого излучения, и студентам предлагалось тестовое задание на выбор правильных утверждений среди перечисленных (выбор двух правильных вариантов ответа оценивается в 1 балл, другие варианты выбора считаются неверными):

- «Видимое излучение (свет) включает диапазон длин волн 280–380 нм;
- видимое излучение (свет) включает диапазон длин волн 380–550 нм;
- видимое излучение (свет) включает диапазон длин волн 550–760 нм;
- видимое излучение (свет) включает диапазон длин волн 760–1000 нм;
- видимое излучение (свет) включает диапазон длин волн 1500–2000 нм».

Базовый уровень знаний предполагал знание наименований диапазонов электромагнитных волн и порядка их расположения. Примером задания такого уровня может служить установление последовательности 2 из Таблицы. Только верный вариант расположения диапазонов оценивается в 1 балл.

В качестве задания повышенной сложности, например, предлагался выбор правильных вариантов формулировки утверждений, входящих в принцип Гюйгенса — Френеля (только выбор трех правильных утверждений оценивается в 1 балл):

- «Любая точка пространства, до которой доходит волна, становится источником вторичных сферических волн. Огибающая этих волн дает новое положение фронта волны.
- Вторичные источники когерентны.
- Амплитуда волн, испускаемых вторичными источниками, пропорциональна площади поверхности этих источников.
- Вторичные источники излучают преимущественно в направлении фронта волны».

15 из 20 предлагаемых студенту вопросов выбирались из первых трех блоков (по пять из каждого), два вопроса — из четвертого блока, три вопроса — из пятого блока. Каждое правильно выполненное задание из первых четырех блоков оценивалось в 1 балл, за правильное выполнение каждого задания пятого блока максимальный балл составлял 2. В качестве критерия оценки результата выполнения теста выбрано суммарное число баллов за правильно выполненные задания, нормированное на максимально возможное количество баллов как качественный способ корректного сравнения оценок, полученных студентами в результате выполнения различных тестов. Фиксированное время выполнения заданий не давало возможности студентам со слабой подготовкой тратить время на поиск необходимой информации. В то же время хорошо подготовленные студенты в рамках определенного временного интервала могли корректно использовать необходимую информацию и продемонстрировать профессиональную компетентность.

Отметим, что при составлении тестовых заданий для проверки остаточных знаний по физике учитывались их отличия от тестов текущего контроля, целью которых является проверка знаний и навыков по одной или нескольким разделам дисциплины, и от тестов итогового контроля, где целью тестирования является проверка знаний и навыков по дисциплине в целом (Калашников и др., 2010; Клещева, Плотников, 2019; Миронова и др., 2007). Полнота отражения материала особенно важна для тестов, контролирующих уровень остаточных знаний, и тесты составлялись таким образом, чтобы отражать ключевые понятия проверяемых разделов физики за счет выделения основных понятий и законов при соблюдении правильных пропорций. Такая систематизация, в частности, отражена в электронных ресурсах кафедры физики имени В.А. Фабриканта⁴.

Результаты и их обсуждение

Тестирование в 2023/2024 учебном году прошли более 500 студентов второго курса бакалавриата Национального исследовательского университета «МЭИ». Аттестация в форме зачета без оценки проводилась с применением автоматизированной системы оценивания на образовательной платформе «Прометей»⁵. Варианты тестовых заданий корректировались преподавателями по мере прохождения

⁴ Кафедра физики имени В.А. Фабриканта (<https://mpei.ru/>).

⁵ Система дистанционного обучения «Прометей» (<https://mpei.ru/Structure/uchchast/icc/Pages/prometei.aspx>).

тестирования все большим числом студентов; проводилось обновление и пополнение банка тестовых заданий с целью повышения надежности тестирования.

Результаты тестирования показали, что 70–90% студентов успешно справляются с заданиями первых трех блоков. Задания четвертого и пятого блоков в зависимости от раздела и степени сложности выполняли успешно 30–50% студентов, прошедших тестирование. Эти результаты подтверждают важность структуризации базы тестовых заданий по показателю трудности.

Итоговую оценку за выполнение заданий система проверки образовательной платформы «Прометей» выставляла с учетом суммарного количества набранных студентом баллов, или процента правильных ответов: до 70% — оценку «незачет», более 70% — оценку «зачет». Оценка могла корректироваться преподавателем после дополнительной проверки.

Платформа «Прометей» позволяет студенту сразу после окончания тестирования просмотреть тестовые задания с информацией о правильных ответах и проанализировать допущенные ошибки. На странице системы отображается фактическое время выполнения теста, список заданий с порядковыми номерами и текстами вопросов, зачетный процент, а также обозначение результата (верный ответ, неверный ответ). Итог теста представляется в виде указания количества вопросов, количества правильных ответов, их отношения (процент правильных ответов) и сравнения с зачетным процентом.

Тестирование показало, что более 50% студентов получают удовлетворительную оценку знаний («зачет»). Результаты тестирования остаточных знаний свидетельствуют о достаточно хорошей степени усвоения студентами материала семестрового курса по оптике и квантовой физике. Надежность проведенного тестирования оценивалась авторами по подобию распределения тестовых показателей в группах студентов, обучающихся по одной специальности. В некоторых группах студентов проводилась оценка по методу повторного тестирования, показавшая достаточно высокую надежность теста. Валидность тестирования достигалась тщательным подбором тестовых заданий, соответствующих выбранным разделам учебного курса, и разнообразием формулировок.

Сравнительный анализ результатов тестирования студентов, обучающихся в Национальном исследовательском университете «МЭИ» по разным направлениям, показал качественные различия уровня остаточных знаний. Обнаружено, что результаты тестирования прямо

коррелируют с количеством часов изучения физики в предшествующем семестре, в том числе с наличием в учебном плане практических занятий (разделы «Оптика», «Элементы квантовой механики», «Элементы статистической физики и физики твердого тела»). Это свидетельствует о важности практического применения физических знаний при формировании новых понятий и сознательном усвоении физических законов, что отмечалось в ряде исследований (Боков и др., 2017; Крук, 2018; Фабрикант, 1974).

Разработка тестов для оценки остаточных знаний по курсу физики у студентов проведена авторами на основе подробного обзора и отбора предметного материала на всех этапах. В целом разработанные тесты для проверки остаточных знаний студентов позволяют определить уровень знания основных физических понятий, явлений, законов; определить сформированность умения объяснять физические явления, анализировать процессы на качественном и расчетном уровнях. Используемые диагностические материалы проработаны, содержат значительное количество тестовых заданий разного типа, структурированных по темам выбранных разделов общего курса физики, количество заданий соответствует отводимому на прохождение тестирования времени.

Практическая значимость результатов проведенного тестирования определяется возможностью их использования для совершенствования процесса оценки остаточных знаний, для накопления базы заданий определенной направленности и экспериментальной проверки их качества, для мониторинга формирования физических знаний у студентов технических университетов. Результаты тестирования остаточных знаний дают возможность прогнозировать успешность учебной деятельности студентов, а также разработать организационные и управленческие меры по повышению эффективности преподавания физики на различных этапах обучения.

Выводы

Реализация контроля остаточных знаний в Национальном исследовательском университете «МЭИ», проведенная с использованием системы дистанционного тестирования, показала его эффективность для объективной оценки уровня знаний студентов по разделам «Оптика» и «Квантовая физика». По итогам тестирования проведен анализ общей структуры тестов, тестовых заданий, варианты их представления. Разработанные тесты для контроля остаточных знаний и компьютерная форма тестирования с автоматизированной оценкой знаний показали хороший потенциал для дальнейшего применения.

Полученную статистику уровня освоения учебного материала можно использовать при разработке тестовых заданий по общему курсу физики в технических вузах.

Список литературы

Боков, П.Ю., Якута, А.А., Салецкий, А.М. (2017). Лекционный курс «Общие вопросы методики преподавания физико-математических дисциплин» для студентов магистратуры физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. *Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование*, 2, 72–79.

Калашников, Н.П., Рубин, С.Г., Самарченко, Д.А. (2010). Тестовые технологии в учебном процессе НИЯУ «МИФИ». *Машиностроение и инженерное образование*, 2(23), 61–68.

Калинина, А.И. (2014). Дистанционное обучение как часть системы непрерывного образования и роль самообразования в дистанционном обучении. *Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование*, 12(1), 100–105.

Клещева, Н.А., Плотников, В.С. (2019). Формы контрольных мероприятий по физике в условиях рейтингового обучения. *Современные наукоемкие технологии*, 1, 161–165.

Крук, Н.Н. (2018). Проблемы преподавания физики в техническом университете в контексте подготовки учебных планов нового поколения. *Высшее техническое образование*, 2(1), 68–74.

Лидер, А.М., Склярова, Е.А., Семкина, Л.И. (2015). Вопросы методики преподавания курса физики в техническом университете. *Фундаментальные исследования*, 2(4), 787–790.

Машиньян, А.А., Кочергина, Н.В., Бабаев, Д.Д., Пивнева, С.В. (2023). Факторы и механизмы усвоения физических знаний у студентов технического университета. *Перспективы науки и образования*, 5(65), 182–195.

Миронова, Г.В., Мурсенкова, И.В., Чугунова, И.С. (2007). Тестирование по физике студентов-иностранцев в процессе обучения на подготовительных факультетах. *Вестник ЦМО МГУ. Филология. Культурология. Педагогика. Методика*, 5, 120–139.

Официальный сайт Кафедры физики им. В.А. Фабриканта. URL: <https://mpei.ru/Structure/Universe/ire/structure/pnaf/Pages/courses.aspx> (дата обращения: 08.11.2024).

Официальный сайт Система дистанционного обучения «Прометей». URL: <https://mpei.ru/Structure/uchchast/icc/Pages/prometei.aspx> (дата обращения: 08.11.2024).

Официальный сайт ФГОС высшего образования по направлениям подготовки бакалавриата. URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения: 08.11.2024).

Садовничий, В.А. (2024). Университеты как ключевой фактор в системе подготовки кадров для обеспечения технологического суверенитета России.

Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование, 22(1), 9–25.

Фабрикант, В.А. (1974). Новое в инженерном образовании. Физика и ее роль. *Современная высшая школа*, 1(5), 109–118.

References

Bokov, P.Yu., Yakuta, A.A., Saletskiy, A.M. (2017). The course of lectures «ways and methods of teaching physics and mathematics related subjects» aimed at master's students studying at faculty of physics in Lomonosov Moscow state university. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 20. Pedagogicheskoe obrazovanie = Lomonosov Pedagogical Education Journal*, 17(2), 72–79. (In Russ.)

Department of Physics named after Valentin Fabrikant. URL: <https://mpei.ru/Structure/Universe/ire/structure/pnaf/Pages/courses.aspx> (access date: 08.11.2024). (In Russ.)

Distance learning system “Prometheus”. URL: <https://mpei.ru/Structure/uchchast/icc/Pages/prometei.aspx> (access date: 08.11.2024). (In Russ.)

Fabrikant, V.A. (1974). Modern Engineering Education: Physics and Its Role. *Sovremennaya vysshaya shkola = Modern Higher School*, 1(5), 109–118. (In Russ.)

Federal state educational standards of higher education in the areas of bachelor's degree training. URL: <https://fgos.ru/> (accessed: 08.11.2024). (In Russ.)

Kalashnikov, N.P., Rubin, S.G., Samarchenko, D.A. (2010). Testing technologies in the educational process of NRNU MEPhI. *Mashinostroenie i inzhenernoe obrazovanie = Mechanical Engineering and Engineering Education*, 2(23), 61–68. (In Russ.)

Kalinina, A.I. (2014). Distance learning as a part of life-long learning system and the role of self-education in distance learning. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 20. Pedagogicheskoe obrazovanie = Lomonosov Pedagogical Education Journal*, 12(1), 100–105. (In Russ.)

Klescheva, N.A., Plotnikov, V.S. (2019). Forms of control measures for physics at the rating training conditions. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern High Technologies*, 1, 161–165. (In Russ.)

Kruk, M.M. (2018). The problem of physics teaching in technological university in the context of drawing up the new generation syllabus. *Vysshie tekhnicheskoe obrazovanie = Higher Engineering Education*, 2(1), 68–74. (In Russ.)

Lider, A.M., Sklyarova, E.A., Semkina, L.I. (2015). Issues of teaching Physics at a technical university. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2(4), 787–790. (In Russ.)

Mashinyan, A.A., Kochergina, N.V., Babaev, D.D., Pivneva, S.V. (2023). Factors and mechanisms of mastering physical knowledge by technical university students. *Perspektivy nauki i obrazovaniya = Perspectives of Science and Education*, 65(5), 182–195. (In Russ.)

Mironova, G.V., Mursenkova, I.V., Chugunova, I.S. (2007). Testing foreign students in physics during their studies at preparatory faculties. *Vestnik CMO MGU*.

Filologiya. Kul'turologiya. Pedagogika. Metodika = Bulletin of the CIE of Moscow State University. Philology. Cultural Studies. Pedagogy. Methodology, 5, 120–139. (In Russ.)

Sadovnichy, V.A. (2024). Universities as a key factor in the system of personnel training in order to ensure Russia's technological sovereignty. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 20. Pedagogicheskoe obrazovanie = Lomonosov Pedagogical Education Journal*, 22(1), 9–25. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина Владимировна Мурсенкова, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация, murs_i@physics.msu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7181-4533>

Ольга Игоревна Лубенченко, старший преподаватель кафедры физики имени В.А. Фабриканта Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт», Москва, Российская Федерация, IvanovaOll@mpei.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7181-4533>

Константин Михайлович Лапицкий, кандидат технических наук, доцент кафедры физики имени В.А. Фабриканта Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт», Москва, Российская Федерация, LapitskyKM@mpei.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4043-2049>

ABOUT THE AUTHORS

Irina V. Mursenkova, Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Associate Professor at the Department of Molecular Processes and Extreme States of Matter, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, murs_i@physics.msu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7181-4533>

Olga I. Lubenchenko, Senior Lecturer at the Department of Physics named after V.A. Fabrikant, National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Moscow, Russian Federation, IvanovaOll@mpei.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7181-4533>

Konstantin M. Lapitsky, Cand. Sci. (Technology), Associate Professor at the Department of Physics named after V.A. Fabrikant, National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Moscow, Russian Federation, LapitskyKM@mpei.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4043-2049>

Поступила: 08.11.2024; получена после доработки: 23.12.2024; принята в печать: 26.12.2024.
Received: 08.11.2024; revised: 23.12.2024; accepted: 26.12.2024.