

УДК-371.3:539.1

**МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ НА КУРСАХ ПО
ПОДГОТОВКЕ К ЕДИНОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ ЭКЗАМЕНУ**

Шмарова Т.С.

Старший преподаватель,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
Пенза, Россия*

Ежова Д.С.

Студент,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
Пенза, Россия*

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы подготовки учащихся старших классов к сдаче единого государственного экзамена по физике на примере тем: «Квантовая физика, «Физика атома». Проанализированы типы ошибок, допущенных участниками экзамена. Приведен процент правильного выполнения заданий ЕГЭ по указанным темам за последние семь лет. В статье предлагается методика преподавания в условиях недостатка аудиторного времени. Приведено примерное планирование учебного материала. Рассмотрен вопрос организации учебной деятельности слушателей подготовительных курсов как во время групповой работы в аудитории, так и при самостоятельной подготовке к экзамену.

Ключевые слова: единый государственный экзамен, преподавание физики, квантовая физика, физика атома, самостоятельная работа.

***METHODS OF TEACHING QUANTUM PHYSICS IN COURSES PREPARING
FOR THE UNIFIED STATE EXAM***

Shmarova T.S.

Senior tutor

*Penza State University of Architecture and Construction
Penza, Russia*

Yezhova D.S.

Student,

*Penza State University of Architecture and Construction
Penza, Russia*

Annotation

This article examines the challenges of preparing high school students for the Unified State Exam in Physics, using the topics "Quantum Physics" and "Atomic Physics" as examples. The types of errors made by exam participants are analyzed. The percentage of correct answers to USE questions on these topics over the past seven years is presented. The article proposes a teaching methodology for students with limited classroom time. A sample curriculum plan is provided. The article also

examines the organization of learning activities for preparatory course students, both during group work in the classroom and during independent exam preparation.

Keywords: unified state exam, physics teaching, quantum physics, atomic physics, independent work.

Квантовая физика – один из разделов, усвоение которого оценивается при сдаче единого государственного экзамена. Проверяемые в ходе ЕГЭ элементы содержания из раздела «Квантовая физика» согласно кодификатору 2026 года: «Корпускулярно-волновой дуализм», «Физика атома», «Физика атомного ядра». Знания по этим темам нужны для дальнейшего обучения в вузе, они играют важную воспитательную роль в формировании научного мировоззрения будущих специалистов. Без качественной подготовки обучающихся по квантовой и атомной физике невозможно развитие современной науки и техники.

Нельзя не заметить сложность указанных тем для понимания обучающимися. Результаты выполнения заданий из раздела «Квантовая физика» не самые высокие по сравнению с другими разделами физики. В таблице 1 представлены результаты выполнения заданий ЕГЭ из раздела «Квантовая физика» за последние семь лет [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7]. Всегда задачи повышенного и высокого уровней сложности имеют меньший процент выполнения, чем задания базового уровня. Можно заметить, что средний процент выполнения выше, если отсутствуют задачи с открытым ответом. В 2022 году задача по квантовой физике с открытым ответом присутствовала, но она была не новая, поэтому участники ЕГЭ могли к ней подготовиться (поэтому средний процент выполнения выше). В 2024 и 2025 годах квантовая физика были представлена заданиями только первой части, содержащей простые задания на строение атома, ядерные реакции, закон радиоактивного распада и анализ явления фотоэффекта. Таким образом, результаты за последние два года лучше за счет сокращения проверяемого содержания.

Таблица 1 – Результаты выполнения заданий ЕГЭ из раздела «Квантовая физика»

Год	Средний % выполнения заданий по разделу «Квантовая физика»	Средний % выполнения расчетных задач повышенного уровня сложности (в зависимости от содержания задачи)	Средний % выполнения расчетных задач высокого уровня сложности	Пояснение
2019	49,8	36,1; 27,4	15,9	
2020	55,4	24,7; 17,2	-	Отсутствует задача с развернутым ответом
2021	52,5	37,8; 17,9	13,2	
2022	58,2	38; 19	-	
2023	47,5	15; 9	17,2	
2024	77,3	-	-	Присутствуют только два задания базового уровня
2025	71,5	-	-	Присутствуют только два задания базового уровня

С учетом того, что разработчики КИМ постоянно обновляют содержание ЕГЭ, не исключено, что количество заданий из раздела «Квантовая физика» может увеличиться и снова могут появиться задачи повышенного и высокого уровня сложности. Поэтому нельзя пренебрегать полноценной подготовкой по квантовой физике и физике атома.

В ПГУАС ежегодно проводятся курсы по подготовке к ЕГЭ, которые посещают ученики одиннадцатых классов. В ходе работы регулярно выявляется недостаточно хороший уровень подготовки обучающихся по квантовой и ядерной физике, что приводит к проблемам в понимании фундаментальных принципов фотоэффекта, корпускулярно-волнового дуализма, процессов ядерной физики. Кроме того, школьники обычно довольно быстро забывают учебный материал. Поэтому подготовительные курсы дают возможность слушателям повторить эти сложные для усвоения темы.

Но имеется проблема в организации курсов – недостаток аудиторного времени. В ПГУАС на изучение физики на подготовительных занятиях отводится всего 64 часа, из которых на квантовую физику становится

возможным выделить только 8 часов. В таблице 2 приведено примерное планирование по основным разделам на курсах.

Таблица 2 – Примерное планирование

Номер раздела (темы)	Название раздела (темы)	Количество часов
1. Механика (24 ч)		
1.1	Кинематика	8
1.2	Динамика	6
1.3	Статика	4
1.4	Законы сохранения в механике	4
1.5	Механические колебания и волны	2
2. Молекулярная физика и термодинамика (14 ч)		
2.1	Молекулярная физика	6
2.2	Термодинамика	8
3. Электродинамика (18 ч)		
3.1	Электростатика	3
3.2	Законы постоянного тока	3
3.3	Магнитное поле	4
3.4	Электромагнитная индукция	2
3.5	Электромагнитные колебания и волны	2
3.6	Оптика	4
4. Квантовая физика (8 ч)		
4.1	Корпускулярно-волновой дуализм	4
4.2	Физика атома	2
4.3	Физика атомного ядра	2

Следовательно, задача преподавателя в условиях ограниченного учебного времени – так организовать деятельность слушателей курсов по подготовке к ЕГЭ, чтобы усвоение материала было эффективным. Предлагаемая методика состоит в сочетании аудиторной работы с преподавателем и самостоятельной работы обучающихся. Без регулярной самостоятельной работы, которая требует от слушателей курсов самодисциплины, невозможна подготовка к ЕГЭ.

Можно выделить несколько основных этапов в организации учебной работы по каждой теме раздела «Квантовая физика».

Начальный этап предполагает самостоятельное повторение теории по материалам, выданным преподавателем заранее в печатном или электронном виде. По ним слушатели курсов освежают в памяти основные сведения и выполняют конспект, содержащий определения, понятия и положения, формулировки законов. В таблице 3 указан необходимый по рассматриваемым

темам теоретический материал, который должен быть отражен в записях обучающихся.

Таблица 3 – Содержание раздела «Квантовая физика» для самостоятельной и аудиторной работы

Определения, формулировки законов		
Корпускулярно-волновой дуализм	Физика атома	Физика атомного ядра
Гипотеза М. Планка о квантах, понятие фотона. Явления, объясняемые на основе представлений о свете как потоке частиц: тепловое излучение, фотоэффект, световое давление. Абсолютно черное тело. Зависимость излучения абсолютно черного тела от температуры. Опыты А.Г. Столетова, законы фотоэффекта, красная граница фотоэффекта, задерживающее напряжение. Давление света на зеркальную и абсолютно черную поверхность.	Модель Томсона. Планетарная модель атома и ее недостатки. Постулаты Бора. Правило квантования момента импульса. Излучение и поглощение фотонов атомом. Спектральные серии. Схема возможных переходов электрона в атоме. Современные представления о строении атома. Сплошные и линейчатые спектры.	Понятие нуклона. Массовое и зарядовое числа. Схемы атомов. Изотопы. Ядерные силы. Зависимость удельной энергии связи от массового числа. Радиоактивность. Виды радиоактивных излучений. Период полураспада. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Деление и синтез ядер.
Перечень формул		
Корпускулярно-волновой дуализм	Физика атома	Физика атомного ядра
Формула Планка. Энергия, импульс и масса фотона. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Работа выхода. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов. Формула светового давления.	Формула второго постулата Бора. Момент импульса электрона в атоме. Энергия атома водорода в различных состояниях. Частота и длина волны излучения при переходе атома из одного энергетического состояния в другое.	Связь массового числа с порядковым номером химического элемента. Масса атомного ядра. Дефект масс. Энергия связи. Удельная энергия связи. Закон радиоактивного распада.

Второй этап состоит в обсуждении конспекта при работе в аудитории с преподавателем и дополнении его формулами, необходимыми для решения тестовых вопросов и задач. Перечень формул приведен в таблице 3. В результате такой работы учащийся получает по каждой теме составленный им конспект, который позволяет быстро в любой момент повторить материал. На этом этапе в ходе беседы с преподавателем слушатель может задавать вопросы по предыдущим домашним задачам и теории.

Третий этап представляет собой групповую аудиторную работу, в ходе которой следует приступить к разбору тестовых заданий. Преподаватель может использовать тематическую подборку тестовых вопросов и задач, составленную на основе различных сборников и материалов сайтов по подготовке к ЕГЭ по физике [8, 9, 10]. В одном из заданий с выбором ответа в первой части ЕГЭ по физике предлагаются варианты ответов сразу по всем разделам, в том числе по квантовой физике. Для экономии времени при разборе такого типа тестовых вопросов целесообразно составить соответствующие задания, в которых будут только варианты ответов из рассматриваемой на занятии темы. Пример одного такого задания [8, 9] по теме «Корпускулярно-волновой дуализм»: Выберите один или несколько правильных ответов.

1) Свет обладает дуализмом свойств: при его распространении проявляются корпускулярные свойства, при взаимодействии с веществом – волновые.

2) Давление электромагнитного излучения зависит от отражающих свойств поверхности.

3) При фотоэффекте число выбитых электронов прямо пропорционально частоте падающего излучения.

4) Энергия фотонов рентгеновского излучения меньше энергии фотонов гамма-излучения.

5) Энергия фотонов увеличивается с увеличением длины волны излучения.

Четвертый этап – решение задач различных уровней сложности в ходе групповой работы. Особое внимание следует уделить задачам, в которых участники ЕГЭ регулярно допускают ошибки. Из раздела «Квантовая физика» затруднения чаще всего вызывают задания на применение принципов корпускулярно-волнового дуализма, на расчет импульса отраженных фотонов, на понимание законов фотоэффекта и связи между запирающим напряжением и энергией фотоэлектронов, на анализ графика зависимости энергии фотоэлектронов от частоты падающего света и энергии фотонов от длины волны, на понимание закономерностей излучения и поглощения энергии

атомом, на применение закона радиоактивного распада (особенно нахождение числа распавшихся, а не оставшихся нераспавшимися ядер), на расчет энергии связи, на определение состава атома и атомного ядра, на расчет массового и зарядового чисел в ядерных реакциях [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7].

Завершающим этапом работы обучающихся является закрепление материала, которое состоит в повторении теории и решении домашних задач по пройденной теме. Это один из важных этапов, так как регулярная самостоятельная домашняя работа по закреплению – основа качественной подготовки всегда, а не только при недостатке аудиторного времени. Необходимо напоминать слушателям регулярно: чтобы избежать ошибок, надо решать задачи не только на занятиях, но и самостоятельно, решать большое количество задач, учить теорию глубоко, а не просто заучивать формулы, важно понимать их физический смысл.

Предлагаемая методика подготовки к ЕГЭ по физике может быть интересна преподавателям и учителям, которые готовят школьников к ЕГЭ.

Библиографический список:

1. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2019 года по физике – М.: ФИПИ, 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2019/fizika_2019.pdf (Дата обращения 14.01.2026)
2. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2020 года по физике – М.: ФИПИ, 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2020/Fizika_mr_2020.pdf (Дата обращения 14.01.2026)
3. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2021 года по физике – М.: ФИПИ, 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2021/fiz_mr_2021.pdf (Дата обращения 14.01.2026)
4. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2022 года по физике – М.: ФИПИ, 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2022/fi_mr_2022.pdf

(Дата обращения 14.01.2026)

5. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2023 года по физике – М.: ФИПИ, 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2023/fi_mr_2023.pdf

(Дата обращения 14.01.2026)

6. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2024 года по физике – М.: ФИПИ, 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2024/fi_mr_2024.pdf

(Дата обращения 14.01.2026)

7. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2025 года по физике – М.: ФИПИ, 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2025/fi_mr_2025.pdf

(Дата обращения 14.01.2026)

8. Громцева О.И. ЕГЭ 2025. Репетитор. Физика. Эффективная методика / О.И. Громцева, С.Б. Бобошина. – М.: Издательство «Экзамен», 2025

9. Открытый банк заданий ЕГЭ. Физика / ФИПИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://ege.fipi.ru/bank/index.php?proj=BA1F39653304A5B041B656915DC36B38>

(Дата обращения 14.03.2026)

10. Сдам ГИА: Решу ЕГЭ. Образовательный портал для подготовки к экзаменам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://phys-ege.sdangia.ru/>

(Дата обращения 19.01.2026)