



Федеральная служба по надзору в сфере образования
и науки
ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений»

М.Ю. Демидова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для учителей, подготовленные
на основе анализа типичных ошибок
участников ЕГЭ 2026 года**

по ФИЗИКЕ

Москва, 2026

Контрольные измерительные материалы ЕГЭ по физике позволяют определить соответствие результатов освоения обучающимися образовательных программ среднего общего образования требованиям федерального государственного образовательного стандарта. При разработке заданий КИМ ЕГЭ учитывалось содержание федеральной образовательной программы среднего общего образования. Проверяемые КИМ ЕГЭ элементы содержания и способы действий для заданий базового уровня соответствовали содержанию программ 10 и 11 классов по физике базового и углубленного уровней изучения предмета, а для заданий повышенного и высокого уровней сложности – программе углубленного уровня.

Экзаменационная работа ЕГЭ 2026 г. по физике состояла из двух частей и включала в себя 26 заданий, направленных на проверку основных групп предметных результатов: владение понятийным аппаратом курса физики; анализ физических процессов и явлений с использованием изученных теоретических положений, законов и физических величин; методологические умения; умение решать качественные и расчётные задачи различных типов.

Вариант экзаменационной работы включал в себя задания, различающиеся формой и уровнем сложности. Часть 1 содержала 20 заданий с кратким ответом: 11 заданий с записью ответа в виде числа или двух чисел и 9 заданий на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр. Часть 2 содержала 6 заданий с развернутым ответом, в которых необходимо представить решение задачи или ответ в виде объяснения с опорой на изученные явления или законы.

Владение основным понятийным аппаратом школьного курса физики проверялось 10 заданиями части 1 работы, при выполнении которых необходимо было применить законы и формулы в стандартных учебных ситуациях, интерпретировать физические зависимости, представленные в виде различных графиков, проанализировать электрические или оптические схемы. Умение анализировать физические процессы и явления с использованием изученных теоретических положений, законов и физических величин оценивалось посредством 8 заданий части 1. Владение методологическими умениями (снятие показаний, использование метода рядов и выбор оборудования по предложенной гипотезе опыта) оценивалось двумя последними заданиями части 1. Часть 2 работы была полностью посвящена решению задач: одно из заданий представляло собой качественную задачу, а остальные – расчётные задачи.

В экзаменационной работе были представлены задания разных уровней сложности: 17 заданий базового, 6 заданий повышенного и 3 задания высокого уровня. Все задания базового уровня были включены в часть 1 работы. Задания повышенного уровня сложности были распределены между частями 1 и 2 работы и оценивали умения анализировать различные физические процессы и решать несложные задачи. В части 1 к заданиям повышенного уровня относились задания на комплексный анализ физических процессов в механике, молекулярной физике и электродинамике. Задания высокого уровня сложности предлагались в конце части 2 варианта, представляли собой расчётные задачи и проверяли умение конструировать способ решения, комбинируя известные учащемуся способы.

Экзаменационная работа проверяла элементы содержания из всех разделов (тем) курса физики: механика (кинематика, динамика, статика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны); молекулярная физика (молекулярно-кинетическая теория, термодинамика); электродинамика (электростатика, постоянный ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика); квантовая физика (корпускулярно-волновой дуализм, физика атома, физика атомного ядра).

В части 1 работы было представлено 6 заданий по механике, 4 задания по молекулярной физике, 5 заданий по электродинамике и 2 задания по квантовой физике. В начале каждого блока предлагались задания с кратким ответом в виде числа, затем задания на множественный выбор утверждений и задание на соответствие. После тематического блока было включено задание интегрированного характера на понимание сведений теоретического характера. В конце части 1 предлагалось два задания на проверку методологических умений: определение показаний измерительного прибора, представленного на фотографии, и выбор оборудования для проведения исследования по заданной в условии гипотезе.

Часть 2 работы была посвящена оценке умения решать задачи по физике. При решении качественной задачи необходимо было привести рассуждения о физических процессах с указанием используемых в объяснении законов, формул или свойств явлений. Расчетные задачи предлагались как с явно заданной физической моделью, так и более сложные, с неявно заданной моделью. Сформированность предметного результата проверялась в процессе выполнения целого комплекса действий: выбора на основании анализа условия физической модели, отвечающей требованиям задачи; применения формул, законов, закономерностей и постулатов физических теорий при использовании математических методов решения задач; проведения расчетов на основании имеющихся данных; анализа результатов и корректировки методов решения с учетом полученных результатов. В задании 26 дополнительно требовалось представить обоснование выбранной физической модели и тех физических законов, которые использовались при решении задачи.

В структуру КИМ ЕГЭ по физике в 2026 г. изменения не вносились.

Максимальный балл составил 45 баллов. Общее время выполнения работы – 235 мин.

Число участников основного периода ЕГЭ по физике в 2026 г. составило 120,5 тыс. человек. По сравнению с прошлым годом в 2026 г. число участников возросло на 21 %.

Средний балл ЕГЭ по физике в 2026 г. существенно выше показателя прошлого года. При увеличении численности участников повышение среднего балла говорит о росте уровня подготовленности выпускников по физике.

Минимальный балл ЕГЭ по физике в 2026 г., как и в 2025 г., составил 8 первичных / 36 тестовых баллов. Доля участников экзамена, не преодолевших минимального балла, составила 2,7 %, что ниже показателя прошлого года, но сравнимо с результатом 2024 г. (в 2025 г. – 4,1 %; в 2024 г. – 2,8 %).

Максимальный тестовый балл в 2026 г. набрали 1884 участника экзамена, что существенно выше показателей прошлого года. Среди стобалльников не менее 349 человек являются одновременно победителями олимпиад федерального уровня.

В 2026 г. доля участников экзамена, набравших 81 – 100 баллов, составила 20,35 %, что значительно выше показателя прошлого года.

На рис. 1 представлено распределение результатов участников ЕГЭ по физике по первичным баллам.

**Распределение участников ЕГЭ-2026 по первичным баллам
(максимальный балл - 45)**

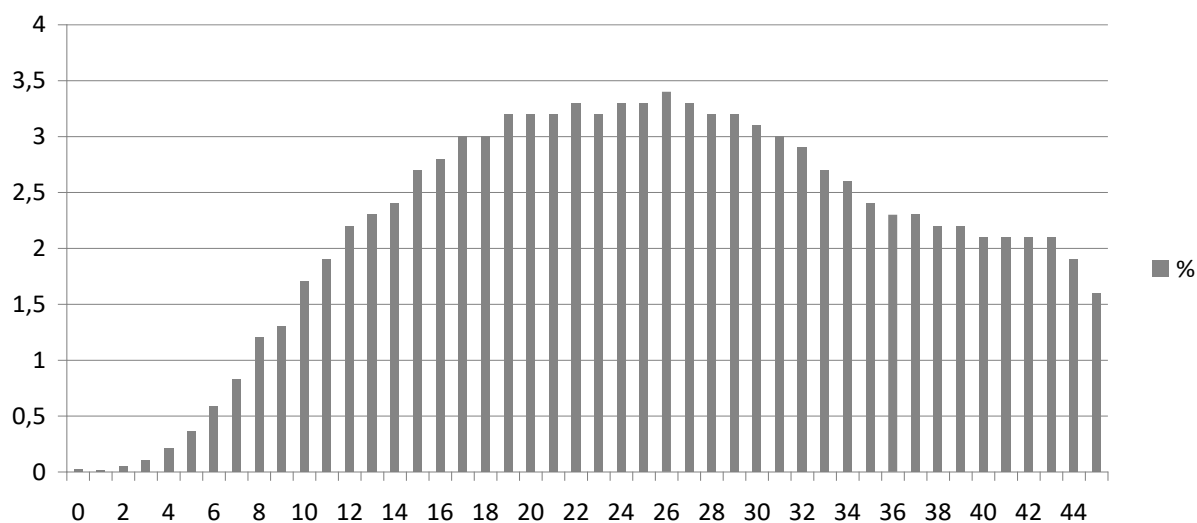


Рис. 1

Ниже представлены общие результаты выполнения экзаменационной работы по трем направлениям: для групп заданий, проверяющих сформированность различных способов действий; для групп заданий по разным тематическим разделам и для групп заданий разного уровня сложности.

В таблице 1 приведены результаты выполнения групп заданий, направленных на оценку различных способов действий, формируемых в процессе обучения физике.

Таблица 1

Способы действий	Средний % выполнения по группам заданий	
	2025 г.	2026 г.
Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях	76,7	80,4
Анализ и объяснение явлений и процессов	61,2	66,7
Методологические умения	82,6	85,5
Решение задач	26,5	31,8

Как видно из данных таблицы 1, структура овладения основными способами действий, формируемыми в курсе физики, в течение последних лет остается неизменной. Наиболее высокие результаты овладения методологическими умениями объясняются тем, что в экзаменационной работе всего два простейших задания данного направления. По всем направлениям отмечен рост результатов, но наиболее значимое приращение наблюдается для решения задач (20 % роста среднего результата по сравнению с прошлым годом). При этом максимальные различия зафиксированы для линии качественных задач и линии задач высокого уровня сложности по электродинамике. Кроме общего повышения уровня подготовки выпускников здесь сказалось также и некоторое ограничение по содержательному наполнению этих линий: качественные задачи предлагались только по молекулярной физике с использованием графиков изопроцессов, по электродинамике – только задачи по геометрической оптике.

В таблице 2 приведены результаты выполнения заданий экзаменационной работы по содержательным разделам школьного курса физики.

Таблица 2

Раздел курса физики	Средний % выполнения по группам заданий	
	2025 г.	2026 г.
Механика	57,8	63,4
МКТ и термодинамика	58,2	61,1
Электродинамика	55,5	59,1
Квантовая физика	71,5	75,4

Структура освоения разных разделов школьного курса физики по сравнению с прошлым годом также осталась без изменений. Наблюдается положительная динамика по всем разделам. При этом прирост по механике существенно больше, чем по остальным разделам.

В таблице 3 представлены результаты выполнения работы по группам заданий разного уровня сложности, включая результаты для групп с различным уровнем подготовки.

Таблица 3

Группы заданий разного уровня сложности	Средний % выполнения		Средний % выполнения для групп с различным уровнем подготовки в 2026 г.			
	2025 г.	2026 г.	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Базового уровня	72,9	77,6	19,1	58,1	86,8	96,8
Повышенного уровня	48,0	54,6	10,6	26,0	62,6	89,4
Высокого уровня	18,9	20,8	0,02	1,0	14,9	77,3

По сравнению с прошлым годом зафиксировано повышение средних процентов выполнения групп заданий всех уровней сложности. При этом наибольшая положительная динамика отмечается для заданий повышенного уровня сложности. Здесь для заданий с множественным выбором ответов на анализ различных процессов рост результатов зафиксирован только по механике, а динамику результатов обусловили преимущественно задачи повышенного уровня сложности.

Анализ результатов выполнения заданий участниками с различным уровнем подготовки показывает дифференциацию групп участников экзамена по успешности выполнения заданий разного уровня сложности. Для группы 2 участников характерно освоение курса физики только на базовом уровне, группа 3 показывает освоение предметных результатов и элементов содержания как на базовом, так и на повышенном уровнях сложности. Высокобалльники демонстрируют успешное выполнение заданий всех уровней сложности.

На рис. 2 приведена диаграмма средних процентов выполнения заданий каждой линии экзаменационной работы 2026 г.



Рис. 2

Исходя из общепринятых норм содержательный элемент или умение считается усвоенным, если средний процент выполнения соответствующей ему группы заданий с кратким или развернутым ответом превышает 50 %. По результатам выполнения групп заданий, проверяющих одну и ту же группу предметных результатов и построенных на близких элементах содержания, можно говорить об усвоении умений и элементов содержания:

- определять ускорение равноускоренного движения по графику зависимости проекции скорости от времени; путь, пройденный телом при равномерном и равноускоренном движении, по графику зависимости проекции скорости от времени;
- вычислять значение физической величины с использованием изученных законов и формул в типовой учебной ситуации: второй закон Ньютона, закон всемирного тяготения, закон Гука, сила трения, кинетическая энергия тела, закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии, правило равновесия рычага, сила Архимеда, давление столба жидкости, период свободных колебаний пружинного маятника, зависимость средней кинетической энергии теплового движения молекул от температуры, основное уравнение МКТ идеального газа, работа газа, первый закон термодинамики, КПД тепловой машины, удельная теплоемкость вещества, удельная теплота плавления, удельная теплота парообразования, закон Кулона, заряд, протекающий через поперечное сечение проводника, закон Ома, магнитный поток, энергия магнитного поля катушки с током, сила Ампера, закон Фарадея, период свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре;
- определять работу газа по графику зависимости давления от объема, изображение в плоском зеркале, состав атомного ядра, массовое и зарядовое числа ядер в ядерных реакциях;
- анализировать характер изменения физических величин для следующих процессов и явлений: движение тела, брошенного вертикально, колебания пружинного маятника, плавление тел, изменение параметров газов в изопроцессах в идеальном газе, изменение парциального давления в смеси газов, изменение параметров идеального теплового двигателя, изменение параметров проводника в цепи постоянного тока, движение заряженной частицы в магнитном поле, излучение электромагнитных волн колебательным контуром радиопередатчика, явление фотоэффекта, изменение параметров ядер при радиоактивных распадах;

- устанавливать соответствие между графиками, отражающими зависимость физических величин, характеризующих движение тела, брошенного под углом к горизонту, а также между процессами излучения и поглощения света атомом и энергетическими переходами атома;
- проводить комплексный анализ физических процессов: равноускоренное движение, представленное в виде графика зависимости проекции скорости от времени, равномерное и равноускоренное движение, представленное в виде графика зависимости координаты от времени, сравнение равномерного и равноускоренного движений, представленных в виде графиков зависимости координаты от времени, колебания пружинного маятника, представленные в виде таблицы данных, сравнение параметров двух газов, цикл изопроцессов, представленных в виде графиков, свойства электростатического поля равномерно заряженной протяженной плоскости, действие магнитного поля на проводник с током, явление электромагнитной индукции, свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре, движение проводника в магнитном поле;
- воспроизводить основные теоретические сведения по всем разделам курса физики: определения понятий и физических величин, формулировки законов, зависимости физических величин, описание физических моделей, свойства процессов и явлений;
- записывать показания измерительных приборов (динамометра, манометра, амперметра, вольтметра) с учетом погрешности измерений;
- выбирать недостающее оборудование для проведения косвенных измерений из предложенного перечня или экспериментальную установку для проведения исследования;
- решать качественные задачи на анализ изменения параметров газа в изопроцессах, представленного в виде графика зависимости объема от температуры или давления от концентрации молекул газа;
- решать расчетные задачи повышенного уровня сложности по механике на расчет параметров пружинного маятника, параметров при плавании тела на границе раздела двух жидкостей;
- решать расчетные задачи повышенного уровня сложности по электродинамике на применение закона Ома для полной цепи и закона Джоуля – Ленца;

Дефицит усвоения умений выявлен при выполнении заданий, которые контролировали умения:

- проводить комплексный анализ параметров газов в системе после установления равновесия при смешивании двух газов;
- решать расчетные задачи повышенного уровня сложности по механике на равноускоренное движение тела, на движение связанных тел, на равновесие жидкостей в сообщающихся сосудах, а также по электродинамике на применение принципа суперпозиции электростатических полей, на движение заряженных частиц в магнитном поле, на движение заряженных частиц в однородном электрическом поле, на определение параметров электромагнитных колебаний в колебательном контуре;
- решать качественные задачи на анализ изменения параметров газа, представленного в виде графика зависимости объема от средней кинетической энергии теплового движения молекул газа, на применение первого закона термодинамики с использованием графика зависимости давления от объема газа, на анализ изменения параметров газа в произвольном процессе, представленного в виде графика зависимости объема от температуры;
- решать расчетные задачи высокого уровня сложности по механике на применение законов динамики и законов сохранения в механике с учетом обоснования применимости используемых законов;

– решать расчетные задачи высокого уровня сложности по молекулярной физике и геометрической оптике.

Рассмотрим более подробно основные результаты выполнения групп заданий, проверяющих различные способы действий.

Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях

В экзаменационную работу было включено 10 заданий базового уровня с кратким ответом в виде числа, которые проверяли понимание основных законов и знаний формул курса физики средней школы. Для всех этих заданий отмечены результаты выполнения, которые свидетельствуют об освоении умения. Рассмотрим результаты выполнения этих заданий по каждому из тематических разделов.

Средний результат выполнения заданий базового уровня на применение формул в стандартных ситуациях по механике составил 84 %, что сопоставимо с результатом прошлого года.

Со средним результатом выше 90 % выполнены задания на применение закона Гука, условий равновесия рычага и формулы для равенства импульса силы изменению импульса тела. Высокие результаты (87 %) отмечены для групп заданий на применение закона сохранения энергии в механике, при этом трудность заданий не зависела от ситуации: свободное падение по вертикали или подъем по гладкой наклонной плоскости.

Как и в прошлом году, ниже ожидаемого оказались результаты выполнения заданий на применение закона всемирного тяготения (пример 1).

Пример 1 (средний процент выполнения – 65)

Модуль сил гравитационного притяжения между двумя однородными шарами, центры которых находятся на расстоянии 4,8 м друг от друга, равен 10 нН. Каков будет модуль сил притяжения между этими шарами, если расстояние между их центрами уменьшить до 2,4 м?

Ответ: _____ 40 _____ нН.

Наиболее вероятные неверные ответы здесь связаны с потерей квадрата в формуле.

Также проблема с математическим анализом формулы наблюдается и для заданий на периоды колебаний пружинного и математического маятников (пример 2).

Пример 2 (средний процент выполнения – 70)

Груз массой 100 г, подвешенный на лёгкой пружине, совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Груз какой массы надо взять вместо него, чтобы период вертикальных свободных колебаний нового груза на той же пружине оказался в 2 раза больше?

Ответ: _____ 400 _____ г.

Здесь также основные ошибки были связаны с «потерей» квадратного корня и записью ответа с массой в 2 раза большей или меньшей.

Наибольшую трудность вызвали задачи на расчет архимедовой силы (пример 3).

Пример 3 (средний процент выполнения – 63)

Однородный парафиновый кубик имеет объём 160 см³. Определите архимедову силу, действующую на него при полном погружении в подсолнечное масло.

Ответ: _____ 1,44 _____ Н.

В этом задании наиболее частые ошибочные ответы были связаны с неверным определением порядка величины, но значимая часть относилась и к неверному использованию справочных данных.

По молекулярной физике средний результат выполнения заданий с кратким ответом в виде числа оказался равным 81 %, что выше результатов прошлого года – 76 %. В экзаменационном варианте использовалось два задания на применение законов и формул.

Самые высокие результаты получены для заданий с применением формулы связи температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его молекул, законов для изопроцессов по определению одного из параметров при использовании графика изопроцесса, уравнения $p = nkT$, первого закона термодинамики, формулы для КПД идеальной тепловой машины.

Немного ниже, в диапазоне 70–80 %, выполнены задания на применение формулы для КПД теплового двигателя через работу и количество теплоты, полученного от нагревателя, на сравнение давлений газа при изменении концентрации его молекул и средней кинетической энергии теплового движения молекул газа, на сравнение работ газа с использованием графика цикла в координатах pV .

Затруднения вызвали простые задания на применение формул для количества теплоты при нагревании/охлаждении вещества. Пример такого задания приведен ниже.

Пример 4 (средний процент выполнения – 65)

При остывании чугунной болванки от 450 °С до 80 °С выделилось количество теплоты, равное 44 400 кДж. Чему равна масса этой болванки?

Ответ: _____ 240 _____ кг.

Значимая часть неверных ответов была связана с тем, что участники не учли при расчетах, что количество теплоты приведено в килоджоулях. Здесь следует отметить, что при этом явно не проводился анализ ответа с точки зрения условия задачи: масса чугунной болванки в 240 г не вызывала удивления.

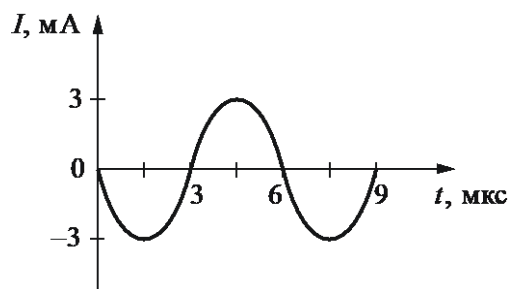
По электродинамике предлагалось три задания базового уровня с кратким ответом в виде числа. Их средний результат выполнения составил 75 %, что существенно ниже результатов по механике и молекулярной физике и сопоставимо с показателем прошлого года – 76 %.

Для формул по электродинамике средний процент выполнения выше 80 % отмечен для групп заданий на расчет силы тока через протекающий заряд с использованием графика зависимости заряда от времени и на сравнение силы Ампера, действующей на проводник с током. Немногим более 70 % участников справились с заданиями на применение закона Кулона, закона Ома для участка цепи с использованием фотографии реального опыта, на определение расстояния до изображения в плоском зеркале и на применение формулы Томсона без использования графика. Более сложными (от 60 % до 65 % выполнения) оказались задания на применение закона Фарадея, формулы для энергии магнитного поля и формулы для ЭДС самоиндукции катушки с током.

Обратим внимание на тот факт, как влияло графическое представление условия задания на результаты его выполнения. Если задания на определение изменения периода свободных электромагнитных колебаний в контуре при изменении электроемкости конденсатора и индуктивности катушки выполнены со средним результатом 70 %, то с аналогичными заданиями с использованием графика зависимости силы тока от времени в колебательном контуре справилось немногим более половины участников экзамена (пример 5).

Пример 5 (средний процент выполнения – 55)

На рисунке приведена зависимость силы тока I от времени t в идеальном колебательном контуре в процессе свободных электромагнитных колебаний. Каким станет период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если конденсатор в нём заменить на другой конденсатор, электроёмкость которого в 9 раз меньше?

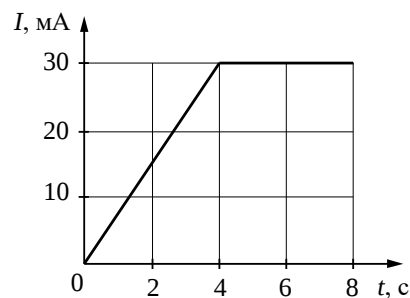


Ответ: _____ 2 _____ мкс.

Аналогичный пример можно привести и для заданий на определение ЭДС самоиндукции. Группа таких заданий, в которой изменение силы тока в катушке задано словесно, выполнена с результатом 67 %. Для заданий с использованием графика, по которому необходимо определить изменение силы тока, результаты существенно ниже (пример 6).

Пример 6 (средний процент выполнения – 58)

На рисунке приведён график зависимости силы тока I от времени t в электрической цепи, индуктивность которой равна 3 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в цепи в интервале времени от 0 до 4 с.



Ответ: _____ 22,5 _____ мкВ.

В этом задании можно выделить две основные ошибки: неверное определение изменения силы тока и ошибки в чтении данных оси графика для силы тока (не учитывалось то, что сила тока приведена в миллиамперах).

По квантовой физике в экзаменационном варианте предлагалось всего одно задание с кратким ответом и базового уровня сложности. Средний результат выполнения этой линии заданий оказался равным 79 %, что полностью соответствует результату прошлого года.

Для заданий на понимание строения ядра атома и на определение заряда или массового числа неизвестного элемента в ядерной реакции при условии, что эта реакция была записана в явном виде, средний результат оказался равен 85 %. Немного более сложными оказались задания на определение заряда или массового числа ядра, образовавшегося при α - или β -распадах, когда ядерную реакцию нужно было записать самостоятельно, – 78 % выполнения. Наиболее сложными оказались задания на определение состава ядра с использованием фрагмента Периодической системы элементов Д.И. Менделеева – 70 %.

Следует отметить, что задания базового уровня с кратким ответом в виде числа демонстрируют очень сильную дифференциацию в их выполнении группой слабых экзаменуемых (получивших менее 15 первичных баллов) и группой сильных (получивших более 35 первичных баллов). Приведем два примера заданий с очень сильной дифференциацией результатов выполнения.

Пример 7 (средний процент выполнения – 67: слабые – 26 %; сильные – 96 %)

За время $\Delta t = 4$ с сила электрического тока в катушке индуктивностью $0,4$ Гн равномерно изменяется от значения $2,8$ А до нуля. Определите модуль ЭДС самоиндукции в катушке в этот промежуток времени.

Ответ: _____ $0,28$ _____ В.

Пример 8 (средний процент выполнения – 62: слабые – 17 %; сильные – 94 %)

Чему равна индуктивность катушки, если при силе тока 5 А энергия её магнитного поля равна $12,5$ мДж?

Ответ: _____ 1 _____ мГн.

Как видно из приведенных выше примеров, наибольшие различия в результатах обусловлены не проблемами с математикой (сложностью формул или переводом единиц), а объемом освоения курса физики базового уровня. У слабой группы наблюдаются явные проблемы усвоения тех элементов содержания, которые минимально используются при решении задач. Можно предположить, что для слабой группы не хватает предлагаемого объема дидактических материалов с простейшими заданиями по освоению этих формул.

В каждом экзаменационном варианте предлагались задания с использованием пяти-шести различных графиков. В линии 1 традиционно предлагались только задания с использованием графиков равномерного и равноускоренного движения по расчету пути и ускорения тела. В отдельных группах вариантов в линии 6 были задания на определение вида графиков зависимости от времени различных величин, характеризующих равноускоренное движение. В других линиях использовались отдельные модели заданий, в которых для расчета величин или объяснения процессов необходимо было интерпретировать вид предложенных графических зависимостей.

Средний результат выполнения заданий линии 1 составил $84,4$ %, что выше показателя прошлого года – $80,4$ %. При этом, в отличие от прошлого года, результаты выполнения заданий на определение проекции ускорения по графику зависимости проекции скорости тела от времени для равноускоренного движения практически не отличаются от результатов заданий на определение пути, пройденного телом, – 83 % и 84 % соответственно. Следует отметить, что, в отличие от прошлого года, путь предлагалось определить суммарно для двух-трех участков движения с разным ускорением, но всегда при положительной проекции скорости. Повышение результатов по этому типу заданий связано с тем, что не нужно было определять площади трапеций при переходе скорости через ноль.

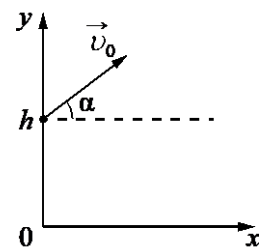
На линии 6 предлагались задания на распознавание графиков для равноускоренного движения тел. Результаты их выполнения практически не изменились с 2024 г. Пример одного из таких заданий приведен ниже.

Пример 9 (средний процент выполнения – 60)

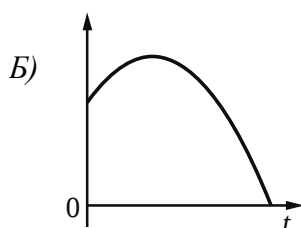
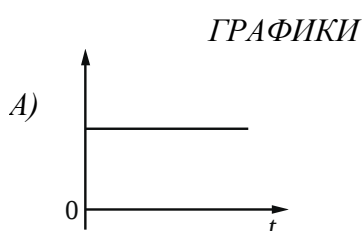
В момент времени $t = 0$ камень бросают с начальной скоростью $\vec{v}_0$ под углом α к горизонту с некоторой высоты h (см. рисунок).

Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение камня в процессе полёта, от времени t .

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут представлять. (Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия камня отсчитывается от уровня $y = 0$.)



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



- ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**
- 1) проекция ускорения камня на ось y
 - 2) потенциальная энергия камня
 - 3) кинетическая энергия камня
 - 4) проекция скорости камня на ось x

Ответ:

А	Б
4	2

Полностью верный ответ смогли указать 42 % выпускников, почти треть участников верно указала только один из графиков. Затруднения были связаны прежде всего с графиками координаты y , кинетической и потенциальной энергий.

*Анализ и объяснение явлений и процессов,
проверка понимания основополагающих теоретических положений*

На линии 18 в экзаменационной работе предлагались задания интегрированного характера на проверку понимания основных теоретических положений школьного курса физики, которые содержали утверждения из разных разделов курса физики: по одному из механики, молекулярной физики и квантовой физики и два из электродинамики.

Средний результат выполнения этих заданий составил 58,7 %, что немного выше результатов прошлого года (55,0 %). Следует отметить, что средние результаты выполнения этих заданий коррелируют с результатами заданий повышенного уровня сложности части 1 работы, уровень освоения продемонстрирован только участниками, получившими более 60 тестовых баллов. Приведем пример одного из заданий; при его выполнении полностью верный ответ выбрали 22 % участников, еще 45 % указали только один верный ответ.

Пример 10 (средний процент выполнения – 44)

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При равноускоренном прямолинейном движении ускорение тела за любые равные промежутки времени изменяется на одну и ту же величину, не равную нулю.
- 2) В процессе кипения жидкости при постоянном внешнем давлении её температура не меняется.
- 3) Согласно закону Ома для участка цепи сила тока в проводнике прямо пропорциональна сопротивлению проводника и обратно пропорциональна напряжению на концах проводника.
- 4) Скорость распространения рентгеновского излучения в вакууме меньше скорости света в вакууме.
- 5) Энергия фотона увеличивается с уменьшением длины волны фотона.

Ответ: _____25_____.

Как и в прошлом году, успешнее определялась правильность утверждений, которые описывали различные формулы и законы. Дефициты относились к утверждениям, описывающим свойства явлений и процессов.

Приведем примеры утверждений, при выборе которых участники экзамена испытывали затруднения.

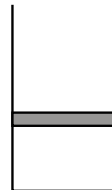
- Давление насыщенного пара не изменяется при изотермическом уменьшении объёма пара.
- Весь электростатический заряд проводника сосредоточен на его поверхности.
- Внутри однородного заряженного проводника напряжённость электростатического поля равна нулю.
- В электрически изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц, входящих в эту систему, остаётся неизменной.
- При переходе электромагнитной волны из оптически менее плотной в оптически более плотную среду частота волны остаётся неизменной.
- При интерференции когерентных волн минимум/максимум в данной точке наблюдается в том случае, если разность хода двух волн от синфазных источников, возбуждающих колебания в этой точке, равна нечетному/четному числу длин полуволн.
- Скорость распространения ультрафиолетового излучения в вакууме равна скорости света в вакууме.
- Энергия фотона увеличивается с уменьшением длины волны фотона.
- Изотопы одного и того же химического элемента обладают одинаковыми химическими свойствами, но различаются радиоактивными свойствами.

Умение анализировать изменение физических величин в различных процессах проверялось заданиями линий 6, 10, 15 и 17. Результаты выполнения этих заданий существенно зависят от их содержательного наполнения. Наиболее высокий средний процент выполнения (76) наблюдается для группы заданий по механике – по анализу изменений величин при движении тела по вертикали, плавании тел и колебаниях пружинного маятника. По молекулярной физике средний результат составил 75 %, что существенно выше прошлогоднего показателя (64 %). Лучшее всего выполнены задания на определение парциального давления газов и изменение параметров газов (давление, объем, температура) в изопроцессах, заданных при помощи графиков. Немного сложнее оказались задания на анализ изменения параметров идеального теплового двигателя.

Проблемным, как и в прошлом году, оказалась группа заданий на изобарный процесс. Пример такого задания приведен ниже.

Пример 11 (средний процент выполнения – 45)

В вертикальном цилиндрическом сосуде под поршнем находится 2 моль неона. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения (см. рисунок). Из сосуда выпускают 1 моль неона. Как изменятся в результате этого давление газа и концентрация его молекул? Температура неона и атмосферное давление остаются постоянными.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) *увеличится*
- 2) *уменьшится*
- 3) *не изменится*

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

<i>Давление газа</i>	<i>Концентрация молекул газа</i>
<i>3</i>	<i>3</i>

В этом задании только 30 % участников указали оба правильных ответа. Еще 29 % ошиблись с определением изменения концентрации газа. Затруднения здесь выявлены в распознавании изобарного процесса: при уменьшении количества вещества газа поршень опускается, но давление остается равным атмосферному (если поршень легкий). В прошлом году были зафиксированы такие же проблемы с выполнением группы заданий, когда в аналогичном сосуде газ нагревали или охлаждали, а давление внутри сосуда не изменялось.

Средний результат выполнения заданий линии 15 по электродинамике составил 72%. Более высокие результаты отмечены для заданий на анализ изменения параметров колебательного контура и параметров цепи постоянного тока с изменением характеристик проводочного резистора. Самые низкие результаты (66 %) выполнения продемонстрированы для ситуаций движения заряженных частиц в магнитном поле.

На позиции 17 использовались задания на анализ изменения физических величин при фотоэффекте и при радиоактивных распадах ядер. Средний результат оказался равным 65 %. Ниже приведен пример задания на анализ явления фотоэффекта.

Пример 12 (средний процент выполнения – 62)

В лабораторной работе изучают зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов, вылетающих с фотокатода, от длины волны падающего света. В опытах наблюдают явление фотоэффекта и измеряют задерживающее напряжение.

Длину волны падающего света в опыте немного увеличивают, продолжая наблюдать фотоэффект. Как при этом изменяются энергия фотона падающего света и длина волны, соответствующая «красной» границе фотоэффекта?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) *увеличивается*
- 2) *уменьшается*
- 3) *не изменяется*

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

<i>Энергия фотона падающего света</i>	<i>Длина волны, соответствующая «красной» границе фотоэффекта</i>
2	3

В этом задании 47 % участников верно указали оба ответа, еще 30 % ошиблись в одной позиции. При этом затруднение связано преимущественно с определением изменения энергии фотона.

На позиции 17 предлагались и задания на понимание процессов излучения поглощения света атомом с использованием диаграммы переходов между энергетическими уровнями на упрощенной диаграмме энергетических уровней атома. Эта группа заданий выполнена с результатом, равным 62 %.

Линии заданий 5, 9 и 14 на множественный выбор относились к повышенному уровню сложности и проверяли умение проводить комплексный анализ физических процессов в механике, молекулярной физике и электродинамике. В каждом задании предлагалось выбрать все верные ответы из пяти предложенных, при этом верными могли быть как два, так и три утверждения. Как правило, текст заданий сопровождался графическими объектами (схематичными рисунками опытов, таблицами или графиками), и для выполнения заданий необходимо было проявить и умения по работе с графической информацией.

Самыми высокими оказались средние результаты выполнения групп заданий на комплексный анализ физических процессов по механике – 77 %, что значительно выше показателей прошлого года (66 %). По молекулярной физике результаты составили 58 %, что сопоставимо с данными прошлого года, а по электродинамике, как и в прошлые годы эти группы заданий оказались наиболее сложными: средний результат выполнения – 53 % что немного выше показателя прошлого года (51 %).

По механике наиболее высокие результаты продемонстрированы для заданий на анализ равномерного и равноускоренного движения тел, представленного в виде графика зависимости проекции скорости от времени, с результатами около 70 % выполнены задания на анализ равноускоренного движения, представленного в виде таблицы или графика зависимости координаты от времени, и на сравнение равномерного и равноускоренного движения тел, представленного в виде двух графиков зависимости координаты от времени. С результатами, сопоставимыми с прошлым годом, выполнены задания на анализ колебаний пружинного маятника, представленные в виде таблицы зависимости координаты от времени.

По молекулярной физике наиболее успешными оказались задания на сравнение параметров состояния двух газов: при одинаковом объеме и заданных количествах вещества и температурах сравниваются концентрации, внутренние энергии, средние кинетические энергии теплового движения, среднеквадратичные скорости молекул и давления газов – 69 % выполнения. Традиционные задания на узнавание изопроцессов и применение первого закона термодинамики с использованием графика циклического процесса в координатах p – T или V – T выполнены с результатом 55 %, что сопоставимо с данными прошлых лет. Наиболее низкие результаты отмечены для заданий, пример одного из которых приведен ниже.

Пример 13 (средний процент выполнения – 44)

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левую часть сосуда поместили 1 моль неона, в правую – 2 моль гелия. Перегородка

может пропускать молекулы гелия и непроницаема для молекул неона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной. Выберите все верные утверждения, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Концентрации молекул гелия и неона в левой части сосуда одинаковы.
- 2) В левой части сосуда внутренняя энергия неона больше внутренней энергии гелия.
- 3) Общая концентрация молекул газов в левой части сосуда в 2 раза больше, чем в правой части.
- 4) В левой части сосуда общее число молекул газов в 1,5 раза больше, чем в правой части.
- 5) В результате установления равновесия давление в левой части сосуда увеличилось в 1,5 раза.

Ответ: _____ 13 _____.

Здесь полностью верный ответ указали 32 % выпускников, а частично верный – 23 %. Анализ ответов для этой группы заданий показывает, что экзаменуемые испытывают сложности в соотношении количества вещества газа и числа его молекул, а также забывают, что внутренняя энергия зависит не только от температуры, но и от количества вещества.

Как и в прошлом году, наиболее сложными оказались задания на комплексный анализ процессов по электродинамике. Здесь средний результат выполнения заданий на анализ электромагнитных колебаний в контуре, представленных в виде таблицы значений напряжения на конденсаторе от времени, составил 51 %, что соответствует данным прошлого года. Для заданий на свойства электростатического поля равномерно заряженной протяженной плоскости средний результат выполнения составил 56 %, на анализ параметров процесса отклонения проводника с током в поле постоянного магнита – 58 %. Немного выше показателей прошлого года выполнены задания на анализ ситуации возникновения индукционного тока в катушке, находящейся внутри другой катушки, сила тока в которой изменяется, – 54 %. Наиболее низкие результаты продемонстрированы для заданий, одно из которых приведено ниже.

Пример 14 (средний процент выполнения – 45)

По гладким параллельным проводящим рельсам, которые расположены на диэлектрической подложке и замкнуты на резистор R , перемещают лёгкий тонкий проводник MN . Рельсы, резистор и проводник образуют контур, который находится в однородном магнитном поле с вектором магнитной индукции $\vec{B}$, как показано на рисунке а. При движении проводника площадь, ограниченная контуром, изменяется с течением времени так, как указано на рисунке б. Выберите все верные утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта. ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре, пренебречь.

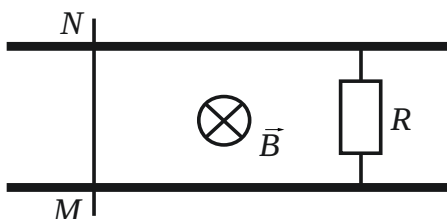


Рис. а

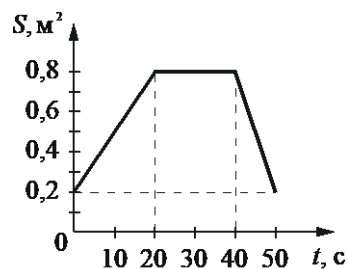


Рис. б

- 1) В интервале времени от 20 до 40 с в резисторе течёт ток.
- 2) Поскольку рельсы гладкие, для перемещения проводника к нему не надо прикладывать силу ни в один из интервалов времени, представленных на графике на рис. б.
- 3) Величина силы, прикладываемой к проводнику для его перемещения, максимальна в интервале времени от 40 до 50 с.
- 4) В интервале времени от 0 до 20 с сила Ампера, действующая на проводник, направлена влево.
- 5) Модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре, достигает максимального значения в интервале времени от 40 до 50 с.

Ответ: _____35_____.

Здесь проводник сначала движется влево (площадь контура увеличивается, потом неподвижен, а затем движется вправо с большей скоростью, чем в первый промежуток времени). ЭДС индукции и величина силы, прикладываемой к проводнику для его перемещения, максимальны в интервале времени от 40 до 50 с. Хотя рельсы гладкие и силой трения можно пренебречь, но на проводник действует сила Ампера, направленная вправо в промежуток времени от 0 до 20 с и влево в последний промежуток времени. В этом задании полностью верный ответ указали только 21 % участников экзамена, еще 49 % допустили одну ошибку, как правило, указав дополнительный неверный ответ. Наибольшие затруднения были связаны с определением направления силы Ампера.

Методологические умения

В конце части 1 экзаменационной работы предлагалось два задания базового уровня сложности, направленных на оценку методологических умений.

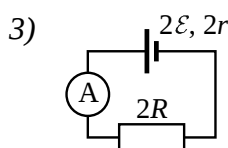
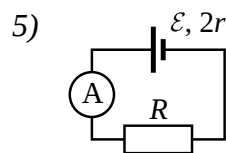
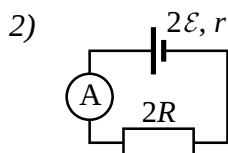
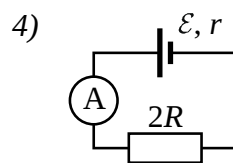
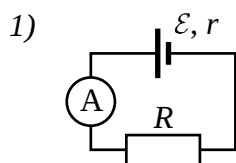
Задания линии 19 оценивали умение записывать показания измерительных приборов с учетом абсолютной погрешности измерений, которая задавалась в тексте задания через цену деления прибора. Средний результат выполнения этой группы заданий – 82,5%, что выше данных прошлого года для аналогичных заданий (в 2025 г. – 77,0%). Предлагались фотографии различных измерительных приборов: динамометра, манометра, вольтметра и амперметра. При этом тип измерительного прибора практически не влиял на результаты выполнения задания. Отмечена существенная положительная динамика для заданий по снятию показаний двухпредельных вольтметров и амперметров, где необходимо было дополнительно выбрать по подключению на фотографии одну из шкал прибора.

Задания линии 20 проверяли умение выбирать оборудование для проведения опыта по сформулированной в тексте задания гипотезе опыта. Предлагалось два типа заданий: на выбор характеристик оборудования из представленного в таблице перечня данных и на выбор двух рисунков экспериментальных установок по предложенным параметрам. Средний результат выполнения этих заданий составил 88,4 %, что полностью соответствует результатам прошлого года.

Тематика заданий с использованием таблиц данных (выбор параметров пружинного маятника, газа, плоского конденсатора, проволочного резистора и колебательного контура) практически не влияла на результаты выполнения этих групп заданий. Немного ниже были результаты заданий на выбор рисунков экспериментальных установок или схем электрической цепи. Ниже приведен пример такого задания.

Пример 15 (средний процент выполнения – 77)

Необходимо экспериментально обнаружить зависимость силы тока, протекающего в цепи, от ЭДС источника. Какие **две** электрические цепи, схемы которых приведены на рисунках, следует использовать для такого исследования?



В ответе запишите номера выбранных схем.

Ответ:

2	4
---	---

Решение задач

Часть 2 экзаменационной работы полностью посвящена решению задач. Здесь предлагалось шесть задач различного типа (качественная и расчетные) по всем разделам школьного курса физики, кроме квантовой физики, и разного уровня сложности (повышенного и высокого). Следует отметить, что для части 2 отмечен наибольший прирост в результатах по сравнению с прошлым годом: общие результаты решения задач повышенного уровня возросли с 34 % в 2025 г. до 47 % в 2026 г.; для задач высокого уровня приращение оказалось незначительным – 18,9 % в 2025 г., 20,8 % в 2026 г.

Качественные задачи повышенного уровня сложности на позиции 21 в этом году базировались только на материале молекулярной физики. Ограничение содержания качественных задач сыграло решающую роль: средние результаты выполнения этой линии заданий составили 50,2 %, показав сильный скачок по сравнению с прошлым годом – 22,3 %.

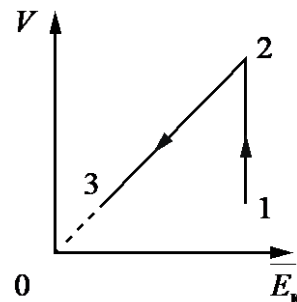
Все качественные задачи вариантов основного периода базировались на графиках изопроцессов. Использовалось два типа заданий:

- анализ вида графика и определение изменения параметров газа (давления, объема, абсолютной температуры или внутренней энергии), не отраженных на графике;
- анализ вида графика и применение к каждому изопроцессу первого закона термодинамики (определение того, получал или отдавал газ количество теплоты в этом процессе, совершал ли работу).

Для первого типа заданий предлагались графики зависимости объема постоянного количества одноатомного идеального газа от средней кинетической энергии теплового движения молекул газа, объема газа от его температуры, давления газа от концентрации его молекул и давления газа от температуры (для произвольного процесса). Приведем пример одной из таких задач.

Пример 16 (средний процент выполнения – 38)

На графике представлена зависимость объёма V постоянного количества одноатомного идеального газа от средней кинетической энергии $\bar{E}_k$ теплового движения молекул газа. Опишите, как изменяются абсолютная температура и давление газа в процессах 1–2 и 2–3. Укажите, какие закономерности Вы использовали для объяснения.



Здесь полное верное решение смогли представить 22 % участников. Для него необходимо было записать уравнение для средней кинетической энергии теплового движения молекул одноатомного идеального газа $\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$ и уравнение

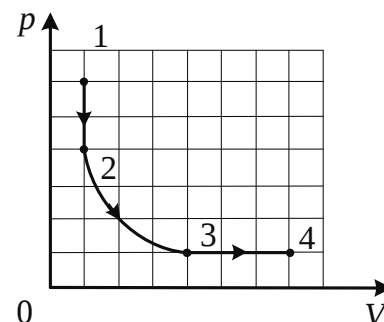
Менделеева – Клапейрона $V = \frac{\nu RT}{p} = \frac{2\nu N_A \bar{E}_k}{3p}$, показав зависимость объёма от средней

кинетической энергии или только от температуры. На основании этих формул необходимо было провести полный анализ двух изопроцессов и сделать верный вывод об изменении давления и температуры газа. Еще 17 % экзаменуемых привели правильный ответ и верное объяснение, допустив недочет или пропуск, не являющийся ошибкой, и получили 2 балла. Наиболее частотным недочетом было отсутствие указания на то, что на участке 2–3 объём изменяется прямо пропорционально средней кинетической энергии молекул, так как график процесса лежит на прямой, проходящей через начало координат, т.е. сразу указывалось, что процесс 2–3 является изобарным. 12 % участников получили за решение задачи 1 балл, допустив ошибку в формулах или рассуждениях.

Пример задачи второго типа на применение первого закона термодинамики приведен ниже. Следует отметить, что рассуждения в решении этих задач были объемнее, чем для предыдущего типа заданий, но результаты их выполнения в среднем оказались сравнимы с показателями для предыдущего типа заданий.

Пример 17 (средний процент выполнения – 41)

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3–4, график которого изображён на рисунке в координатах p – V , где p – давление газа, V – объём газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните, получает ли газ положительное количество теплоты или отдаёт в процессах 1–2, 2–3 и 3–4.



Здесь для полного верного решения необходимо было использовать первый закон термодинамики ($Q = \Delta U + A$), формулу для внутренней энергии одноатомного идеального газа ($U = \frac{3}{2}\nu RT$) и уравнение Менделеева – Клапейрона либо вместо него все три газовых закона. Для работы газа никаких формул не требовалось, достаточно было связать работу газа с изменением его объема. Для получения 3 баллов не требовалось доказательства того факта, что график участка 2–3 является гиперболой. 25 % участников

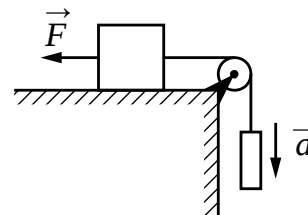
смогли выполнить все эти требования и получили за решение 3 балла. Верные рассуждения с некоторыми недочетами представили 14 % участников, получив 2 балла, и 21 % экзаменуемых указали основные необходимые уравнения и частично верные рассуждения, которые были оценены 1 баллом. Следует отметить, что часто встречалась ситуация, когда работу пытались выразить через произведение давления на изменение объема в общем виде, а не только для изобарного процесса. Также допускали неточности в указании знаков количества теплоты, работы и изменения внутренней энергии.

На позициях 22 и 23 предлагались расчетные задачи повышенного уровня сложности: на позиции 22 задачи – по механике, а на позиции 23 – по электродинамике.

Средний результат решения задач по механике составил 50,4 %, что немного выше показателя прошлого года – 46,6 %. Наиболее высокий средний процент выполнения продемонстрирован для группы задач по гидростатике на плавание шара на границе раздела двух жидкостей (62 %), немногим более половины участников справились с задачами на применение закона сохранения энергии и закона Гука при колебаниях горизонтального пружинного маятника, задачи по кинематике на равноускоренное движение тел решили в среднем 43 % участников. Затруднения вызвали задачи на гидростатическое равновесие жидкостей в сообщающихся сосудах. Результаты ниже ожидаемого отмечены для группы типовых задач на движение связанных тел (см. пример ниже).

Пример 18 (средний процент выполнения – 24)

Груз, находящийся на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через невесомый блок, с грузом массой 0,25 кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила $\vec{F}$, равная по модулю 1 Н (см. рисунок).



Второй груз движется из состояния покоя с ускорением 2 м/с^2 , направленным вниз. Коэффициент трения скольжения

первого груза по поверхности стола равен 0,2. Чему равна масса первого груза? Трением в оси блока пренебречь.

2 балла за полное верное решение этой задачи получили 20 % экзаменуемых, а еще 10 % допустили физическую ошибку, получив 1 балл. Критерии оценивания этих заданий не требовали обязательного рисунка сил, действующих на тела, но запись второго закона Ньютона в проекциях на оси опирается на этот рисунок. Например, формулу для силы трения $F_{\text{тр}} = \mu N$ нельзя сразу записать через силу тяжести, отсутствие равенства силы нормальной реакции опоры силе тяжести является серьезной физической ошибкой. При ее наличии получение верного ответа не приводит к получению полного балла за решение.

Для заданий по электродинамике средний результат оказался равным 39 %, что значительно ниже данных по механике для заданий такого уровня сложности. Самые высокие результаты получены для заданий на применение закона Ома для полной цепи и закона Джоуля – Ленца при расчете цепи постоянного тока (63 %). Для этих задач отмечен крайне низкий средний процент получения 1 балла (около 10 %), что говорит о верной записи обеих необходимых формул большинством приступившим к решению задач. Немногим более трети участников успешно справились с задачами на применение формулы Томсона и формулы для емкости воздушного конденсатора для электромагнитных колебаний в колебательном контуре. К сожалению, лишь треть экзаменуемых смогла решить задачи на торможение заряженных частиц в электростатическом поле и движение по окружности заряженной частицы в однородном магнитном поле. Наиболее сложными оказались задачи по электростатике, пример одной из которых приведен ниже.

Пример 19 (средний процент выполнения – 15)

Три отрицательных точечных заряда, модуль которых $q = 1,6 \cdot 10^{-9}$ Кл, закреплены в трёх вершинах квадрата, в четвёртой вершине которого закреплён такой же по модулю положительный заряд. Длина стороны квадрата $a = 40$ см. Чему равен модуль напряжённости электрического поля в центре квадрата?

Решение базируется на формуле напряжённости электростатического поля точечного заряда и принципе суперпозиции. Необходимо было либо сделать рисунок с указанием векторов напряжённости для всех зарядов и их векторной суммой либо записать, что по принципу суперпозиции полей $\vec{E}_0 = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$ с учётом того, что векторы напряжённости поля двух отрицательных зарядов компенсируют друг друга, для модуля результирующего вектора напряжённости поля $\vec{E}_0$ получим: $E_0 = 2E$, где $E = \frac{2kq}{a^2}$.

Лишь 11 % участников экзамена смогли представить решение этой задачи, отвечающие данным требованиям.

На позициях 24 – 26 в КИМ были представлены расчетные задачи высокого уровня сложности по молекулярной физике, электродинамике и механике.

Средний результат выполнения расчетных задач по молекулярной физике (позиция 24) составил 22 %. К сожалению, по этой позиции положительная динамика по сравнению с прошлым годом не отмечена.

Наиболее высокий результат продемонстрирован для задач на подъем пузырька воздуха со дна равномерно прогретого водоема – 32 %. Примерно пятая часть участников экзамена справилась с решением задач на определение КПД тепловой машины для цикла, состоящего из изобарного нагревания, изохорного охлаждения и адиабатного сжатия. Ниже ожидаемого решена задача по калориметрии, в которой в калориметр со льдом отрицательной температуры добавляли воду и в конечном состоянии температура содержимого оказывалась отрицательной. Здесь необходимы были либо комментарии о том, что вода сначала остывает до 0 °С, затем кристаллизуется, и образовавшийся лёд остывает до некоторой температуры, либо пояснения к записи исходных уравнений. К сожалению, основные ошибки были связаны именно с неверной интерпретацией условия задачи.

Традиционные затруднения вызвали задачи на применение формулы для относительной влажности воздуха. Лишь 11 % участников смогли получить максимальный балл за решение задачи на изменение относительной влажности воздуха в комнате при работе увлажнителя воздуха. Такие же результаты получены и для задачи на определение относительной влажности при смешивании насыщенного пара, сухого воздуха и дополнительного испарения воды (см. пример ниже).

Пример 20

Сосуд разделён перегородкой на две части. Объём первой части $V_1 = 2$ л, объём второй части $V_2 = 3$ л. В первой части сосуда находятся влажный воздух и вода, причём масса водяного пара в 2 раза больше, чем масса воды. Вторая часть сосуда пуста. Найдите относительную влажность воздуха в сосуде после снятия перегородки. Температура воздуха в сосуде постоянна и не меняется при снятии перегородки. Объёмом перегородки пренебречь.

Здесь 3 балла получили 12 % участников экзамена. Для правильного решения, кроме использования уравнения Менделеева – Клапейрона и формулы для относительной влажности воздуха, необходимо было отметить два условия. 1. До снятия перегородки водяной пар был насыщенным, так как вместе с ним в первой части сосуда была вода. При этом давление насыщенного пара не менялось, так как температура оставалась

постоянной. 2. После снятия перегородки водяной пар распределился по всему объёму, а вода стала испаряться. Необходимо было найти массу пара при всей испарившейся воде и сравнить полученное значение давления с давлением насыщенного пара.

Математически задача оказалась несложной, проблемы с записью необходимых формул также не было, основные трудности возникали при анализе процессов, описанных в условии задачи. Так, 2 балла за решение этой задачи получили всего 2 % участников, т.е. практически все, кто разобрался с физической моделью, смогли записать необходимые исходные уравнения.

На позиции 25 в экзаменационной работе предлагались задачи только по геометрической оптике с различными сюжетами с использованием собирающей линзы. Средний результат выполнения этих заданий оказался равным 24,8 %.

Треть участников экзамена успешно справилась с решением задачи, в которой предмет и экран устанавливают для двух случаев разного увеличения изображения предмета и требуется определить либо увеличение, либо смещение предмета или экрана. Четверть экзаменуемых верно построила изображения в линзах и решила задачи на определение неизвестного параметра в ситуации, когда для двух источников света на главной оптической оси линзы изображения находятся в одной точке, т.е. одно из них действительное, а другое мнимое. Такие же результаты получены и для задачи с определением параметров светлого пятна на экране при использовании оправы линзы с отверстием. Около 20 % экзаменуемых решили задачу на построение изображения треугольника в линзе и определение параметров изображения. Наиболее сложной оказалась группа задач, одна из которых приведена ниже.

Пример 21

Оптическая сила тонкой собирающей линзы $D = 20$ дптр. Точечный источник света S находится на главной оптической оси линзы на расстоянии $d = 6$ см от неё (рис. 1). Линзу разрезали вдоль главной оптической оси на две равные части, которые раздвинули на расстояние $x = 4$ см друг от друга симметрично относительно главной оптической оси линзы (рис. 2). Чему равно расстояние между двумя изображениями точечного источника, полученными в каждой из частей линзы? Сделайте рисунок с указанием хода лучей в обеих частях линзы после её разрезания.

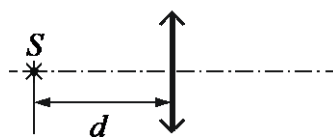


Рис. 1

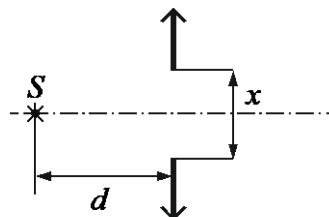
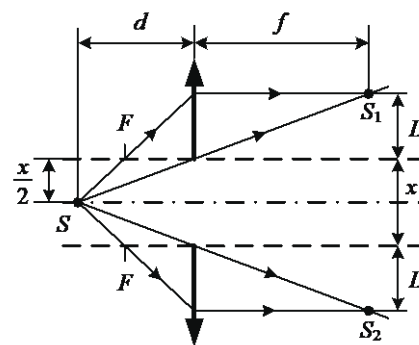


Рис. 2

Каждая из раздвинутых частей линзы преломляет лучи как целая линза с тем же фокусным расстоянием, что и исходная линза, главная оптическая ось которой отстоит от источника на расстояние $x/2$ (см. рисунок справа). При правильном рисунке решение оказывается совсем простым, поскольку требует только формулы линзы и увеличения линзы (или геометрического соотношения).

К сожалению, лишь 6 % экзаменуемых смогли верно построить изображения и справиться с физической частью решения задачи.



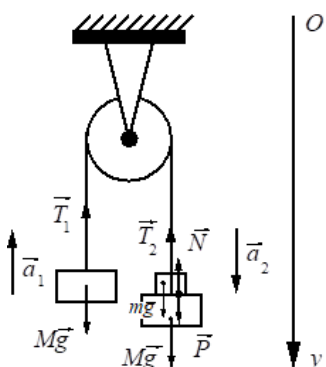
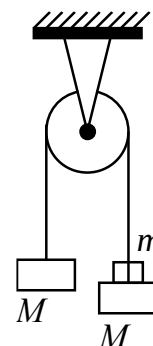
На позиции 26 предлагались преимущественно задачи по динамике на движение связанных тел в разной конфигурации и задачи на применение законов сохранения в механике. Максимальный балл за решение этих задач составлял 4 балла, при этом использовалось два независимых критерия: K1 – оценивание обоснования используемых для решения задачи законов и формул и K2 – само решение задачи (запись исходных формул, рисунок для задач по динамике, математические преобразования, вычисления и ответ).

Средний результат выполнения задания по критерию K1 (обоснование используемых законов) оказался равным 14,9 %, что немного выше результатов прошлого года – 12,4 %. При этом показатели для задач на связанные тела по этому критерию существенно выше, чем для заданий на применение законов сохранения, где с верным обоснованием справляется в среднем 10 % участников. Наиболее сложным оказалось написание обоснования для задачи, в которой пушка стреляет снарядами в горизонтальном направлении, вследствие отдачи ее ствол сжимает пружину, производящую перезарядку пушки и при этом только η часть всей кинетической энергии ствола пушки идет на сжатие пружины. Обратим внимание на то, что в этом случае требовалось обоснование закона сохранения импульса, описание изменения механической энергии системы не являлось обязательным.

По критерию K2 средний результат выполнения заданий линии 26 оказался равным 21,5 %, что также немного выше показателя прошлого года – 18,7 %. Как и по критерию K1, здесь более высокие средние результаты достигнуты для заданий по динамике. Отметим, что полное верное решение на 3 балла оказывается доступным лишь группе с высоким уровнем подготовки, как правило, максимальный балл получают лишь 8 – 10 % участников экзамена. Покажем на примере одной из вызвавших затруднения задач дефициты в решении (см. пример ниже).

Пример 22 (средний результат выполнения: K1 – 16 %; K2 – 13 %)

Два одинаковых бруска связаны между собой невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок, неподвижно закреплённый на потолке (см. рисунок). На один из брусков кладут груз массой $m = 100 \text{ г}$, и система приходит в движение. Определите массу бруска M , если сила $\vec{P}$, с которой груз в процессе движения давит на брусок, равна $0,8 \text{ Н}$. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на бруски и груз. Сопротивлением воздуха и трением в оси блока пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Решение задач по динамике начинается с рисунка с указанием сил, действующих на тела, который в этих задачах является обязательным элементом оценивания по критерию K2. Рисунок к задаче из примера выше приведен слева. В обосновании к этой задаче, кроме выбора инерциальной системы отсчета и модели материальной точки, требовалось указание на равенство сил натяжения нити и равенство модулей ускорений тел для записи второго закона Ньютона, но для решения задачи необходим еще и третий закон Ньютона, т.е. указание на то, что сила нормальной реакции опоры для груза равна силе P , с которой груз действует на правый брусок. В этих задачах он входил в требования к критерию K2. Второй закон Ньютона для правого бруска и груза можно записывать, как для одного тела (имея в виду, что силы $\vec{N}$ и $\vec{P}$ – внутренние силы системы), так и как для разных тел. Несмотря на способ решения,

поскольку требуется рисунок с указанием всех сил, запись третьего закона Ньютона обязательна.

Достаточно высокий результат по критерию K1 (16 %), объясняется тем, что в обосновании можно было не указывать третий закон Ньютона. По критерию K2 получить 3 балла смогли лишь 7 % участников, еще 4 % допустили незначительные математические огрехи в решение, получив 2 балла, а 10 % участников смогли набрать только 1 балл, допустив ошибку в одном из исходных уравнений.

Выполнение работы группами экзаменуемых с различным уровнем подготовки

Для характеристики результатов выполнения работы экзаменуемыми с различным уровнем подготовки выделяется четыре группы. В качестве границы между первой и второй группами 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, в первичных баллах это соответствует выполнению заданий базового уровня сложности. Далее следует группа, набравшая 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.

На рисунке 3 представлена диаграмма, демонстрирующая распределение экзаменуемых по группам подготовки в 2026 г.

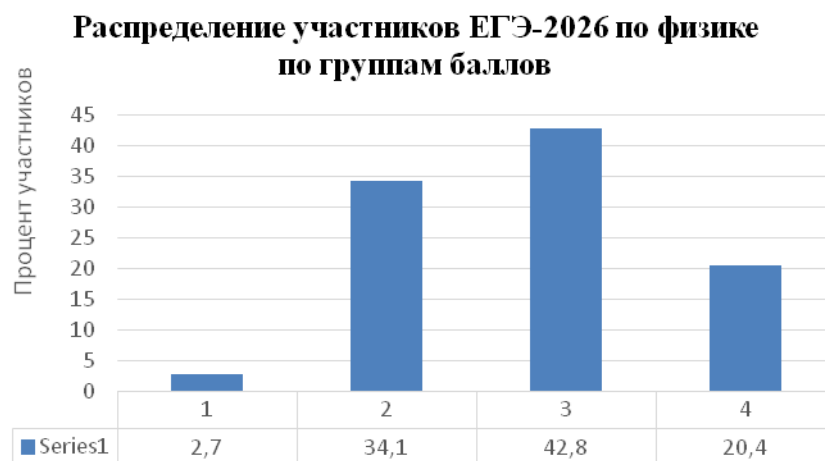
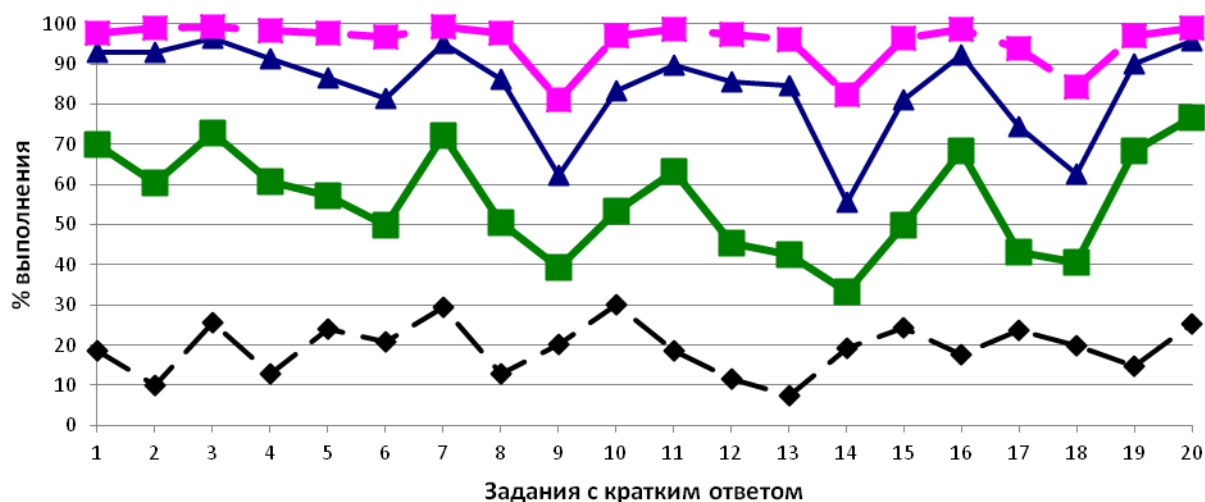


Рис. 3.

На рисунке 4 показаны результаты выполнения заданий с кратким и развернутым ответами участниками экзамена с разными уровнями подготовки.

Процент выполнения заданий с кратким ответом участниками с разными уровнями подготовки



Процент выполнения заданий с развернутым ответом участниками с разными уровнями подготовки

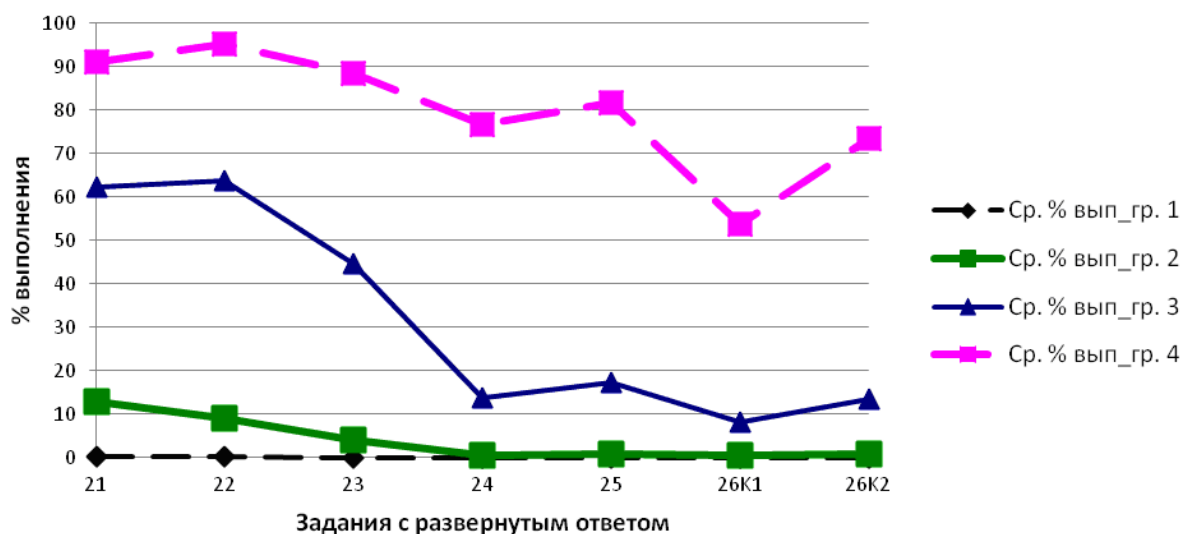


Рис. 4.

Группа 1 по уровню подготовки составляет 2,7 % от общего числа участников экзамена. Экзаменуемые из этой группы получили по итогам выполнения экзаменационной работы от 0 до 7 первичных баллов, т.е. не достигли минимального балла. Средний результат выполнения заданий базового уровня составил для этой группы 19,1 %, заданий повышенного уровня – 10,6 %.

У данной группы участников экзамена не зафиксировано достижение каких-либо предметных результатов обучения и освоения каких-либо элементов содержания.

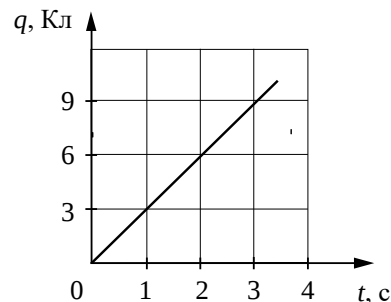
Экзаменуемые из группы 1 более успешно выполняют простейшие задания базового уровня сложности на применение формул для импульса тела, силы упругости, условия равновесия рычага, средней кинетической энергии теплового движения молекул газа, заряда, протекающего через поперечное сечение проводника, основного уравнения МКТ, закона сохранения энергии в механике и первого закона термодинамики. Более половины

участников из данной группы справляется с заданиями на выбор оборудования для проведения опытов из таблицы с характеристиками элементов оборудования. Можно говорить о более качественном освоении материала механики по сравнению с другими содержательными разделами и более успешном выполнении заданий по тем элементам содержания, которые изучаются как в основной, так и в средней школе.

Ниже приведен пример задания, с которым справляется около половины выпускников из данной группы.

Пример 23

По проводнику течёт постоянный электрический ток. Заряд, прошедший через поперечное сечение проводника, растёт с течением времени согласно представленному графику (см. рисунок). Определите силу тока в проводнике.



Ответ: _____ 3 _____ А.

Группа 2 по уровню подготовки составляет 34,1 % от общего числа участников, что значительно меньше, чем в прошлом году. К этой группе относятся участники экзамена, получившие от 8 до 21 первичных балла. Результаты выполнения заданий базового уровня составили в среднем 58,1 %, для заданий повышенного уровня этот показатель – 26,0 %, для заданий высокого уровня сложности – 1,0 %.

Данная группа демонстрирует освоение содержания курса физики средней школы на базовом уровне сложности по механике и молекулярной физике. Задания базового уровня по электродинамике и квантовой физике выполнены несколько ниже уровня овладения (43 %). Отмечено освоение предметных результатов, проверяемых заданиями базового уровня сложности:

- вычислять значения физической величины с использованием изученных законов и формул в типовой учебной ситуации по всем линиям заданий по механике и молекулярной физике, а также группам заданий, проверяющих следующие отдельные элементы содержания электродинамики (закон Кулона, заряд, протекающий через поперечное сечение проводника, закон Ома, изображение в плоском зеркале) и квантовой физики (состав атомного ядра, массовое и зарядовое числа ядер в ядерных реакциях);
- анализировать характер изменения физических величин для механических и тепловых процессов и явлений;
- проводить комплексный анализ отдельных механических процессов: равномерное и равноускоренное движение и колебания пружинного маятника;
- записывать показания измерительных приборов (динамометра, манометра, амперметра, вольтметра) с учетом погрешности измерений, выбирать недостающее оборудование для проведения косвенных измерений из предложенного перечня или экспериментальную установку для проведения исследования.

Ниже приведен пример одного из заданий на комплексный анализ физических процессов, с которым справилась половина участников из данной группы.

Пример 24

Деревянный шарик плавает в керосине. Как изменятся сила тяжести, действующая на шарик, и глубина погружения шарика в жидкость, если он будет плавать в воде? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тяжести, действующая на шарик	Глубина погружения шарика в жидкость
3	2

Для данной группы зафиксированы дефициты при выполнении заданий базового уровня сложности с кратким ответом в виде числа на проверку основных законов и формул по темам «Магнитное поле», «Электромагнитная индукция», «Электромагнитные колебания и волны», на анализ изменения величин в различных процессах в электродинамике и при выполнении заданий повышенного уровня на комплексный анализ физических процессов по молекулярной физике и электродинамике (35 %). Крайне низкие результаты получены для заданий с развернутым ответом части 2 экзаменационной работы.

Участники из группы 3 по уровню подготовки составляют 39,3 % от общего числа экзаменуемых. К этой группе относятся те, кто набрал от 22 до 35 первичных баллов. Средний результат выполнения заданий базового уровня составляет 86,8 %, повышенного уровня – 62,6 %, высокого уровня – 14,9 %. По сравнению с прошлым годом продемонстрировано повышение результатов выполнения заданий повышенного уровня сложности.

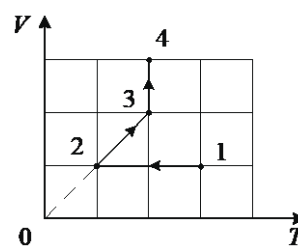
Для группы 3 характерно системное освоение курса физики на базовом и повышенном уровнях сложности. Дополнительно к предыдущей группе отмечены высокие результаты для заданий базового уровня сложности на оценку умений: вычислять значение физической величины с использованием изученных законов и формул в типовой учебной ситуации для всех проверяемых элементов содержания по электродинамике и квантовой физике, анализировать характер изменения физических величин для электромагнитных и квантовых процессов и явлений, устанавливать между процессами излучения и поглощения света атомом и энергетическими переходами атома, воспроизводить основные теоретические сведения по всем разделам курса физики (определения понятий и физических величин, формулировки законов, зависимости физических величин, описание физических моделей, свойства процессов и явлений).

Для заданий повышенного уровня достигнут уровень освоения для комплексного анализа физических процессов в молекулярной физике и электродинамике. Для заданий с развернутым ответом отмечен уровень овладения решением качественных задач по молекулярной физике с использованием графиков изопроцессов и расчетных задач по механике повышенного уровня сложности.

Ниже приведен пример качественной задачи повышенного уровня сложности, с которой хорошо справляются участники экзамена, относящиеся к этой группе.

Пример 25

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3–4, график которого изображён на рисунке в координатах V – T , где V – объём газа, T – абсолютная температура. Опираясь на законы молекулярной физики, объясните, как изменяются давление газа и средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул в процессах 1–2, 2–3 и 3–4.



К дефицитам для данной группы относятся расчетные задачи по электродинамике повышенного уровня сложности и задачи высокого уровня сложности по молекулярной физике, геометрической оптике и механике.

Экзаменуемые, относящиеся к группе 4, получили по результатам выполнения экзаменационной работы от 36 до 45 первичных баллов. Группа 4 с высоким уровнем подготовки составила 20,4 % от общего числа участников и демонстрирует освоение всех проверяемых предметных результатов и всех элементов содержания. Средний результат выполнения заданий базового уровня составляет 96,8 %, повышенного уровня – 89,4 %, высокого уровня – 77,5 %. По сравнению с прошлым годом продемонстрирован существенный рост результатов выполнения заданий высокого уровня сложности.

Группа 4 с высоким уровнем подготовки демонстрирует освоение всех проверяемых предметных результатов и всех элементов содержания. Средний результат выполнения заданий базового уровня составляет 96,8%, повышенного уровня – 89,4%, высокого уровня – 77,5%. По сравнению с прошлым годом этой группой продемонстрирован существенный рост результатов выполнения заданий высокого уровня сложности.

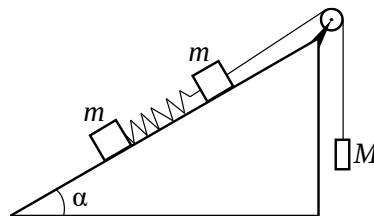
Участниками из данной группы подготовки освоены все проверяемые предметные результаты и все контролируемые элементы содержания. В части 1 экзаменационной работы большинство заданий выполнено с результатами выше 90 %. Как и в прошлом году несколько ниже результаты для заданий на комплексный анализ процессов по молекулярной физике и электродинамике (82 %) и задания теоретического характера на знание определений, законов и т.п. (84 %).

Среди задач повышенного уровня сложности наиболее высокие результаты отмечены для качественных задач (91 %) и расчетных задач по механике (95 %). Несколько ниже результаты для расчетных задач по электродинамике (88 %).

Ниже приведен пример расчетной задачи высокого уровня сложности, с которой успешно справляются выпускники из данной группы.

Пример 26

По неподвижной гладкой наклонной плоскости с углом при основании $\alpha = 30^\circ$ движутся вверх два одинаковых бруска массой $m = 0,25$ кг каждый, скреплённые между собой лёгкой пружиной с жёсткостью $k = 100$ Н/м. Длина пружины L в процессе движения остаётся постоянной. Верхний брусок соединён невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок, с грузом массой $M = 2$ кг (см. рисунок). Чему равна длина пружины L при движении брусков, если в нерастянутом состоянии её длина $l = 15$ см? Трением в оси блока и сопротивлением воздуха пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Для заданий высокого уровня сложности наиболее трудными для данной группы оказались задачи по молекулярной физике (76 %) и по механике. Здесь при показателях более 70 % за решение пока низкий уровень для этих участников результатов по критерию «Обоснование».

Представленный выше анализ результатов выполнения заданий КИМ ЕГЭ по физике демонстрирует достижения и дефициты в овладении предметными результатами и в освоении элементов содержания, что, в свою очередь, позволяет предложить отдельные методические приемы для оптимизации процесса обучения предмету и подготовки выпускников к сдаче единого государственного экзамена.

В следующем году не планируется каких-либо изменений в структуре КИМ ЕГЭ по физике. Содержательное наполнение заданий части 1 экзаменационной работы также остается без изменений, при этом расширяется спектр физических процессов, которые рассматриваются в заданиях с множественным выбором. На позиции 6 или 15, как правило, будут предлагаться задания на соответствие, в которых необходимо распознать графики физических величин для различных процессов. На позиции 15 – графики физических величин, отражающих свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре. Напомним, что начальные условия могут задаваться как схемой электрической цепи, так и аналитическими формулами для напряжения на обкладках конденсатора или силы тока в катушке индуктивности. На позиции 6 – равноускоренное движение тел, особенности которого определяются либо при помощи уравнений для координаты тела от времени, либо при помощи описания движения тела (например, подъем по наклонной плоскости или бросок тела под углом к горизонту).

Содержательное наполнение заданий части 2 экзаменационной работы будет немного изменено:

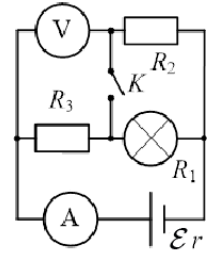
- на позиции 21 – качественные задачи только по электродинамике;
- на позиции 22 – расчетные задачи по механике повышенного уровня сложности практико-ориентированного содержания;
- на позиции 23 – расчетные задачи по молекулярной физике повышенного уровня сложности;
- на позиции 24 – традиционные расчетные задачи по молекулярной физике высокого уровня сложности;
- на позиции 25 – расчетные задачи по электродинамике, преимущественно по темам «Магнитное поле», «Электромагнитная индукция» и «Электромагнитные колебания»;
- на позиции 26 – расчетные задачи по механике высокого уровня сложности.

Задачи практико-ориентированного содержания по механике на позиции 22 с точки зрения количества используемых исходных уравнений и математических выкладок не отличаются от тех, которые ранее предлагались на данной позиции. Различие только в том, что добавляется первый шаг решения – анализ практической ситуации и выбор физической модели. Никаких обоснований и словесных комментариев пока не требуется. Критерии оценивания этих заданий остаются прежними. С примером такого задания можно ознакомиться в демонстрационной варианте КИМ ЕГЭ 2027 г.

Задачи по молекулярной физике на позиции 23 достаточно традиционны, но, опираясь на результаты экзамена прошлых лет, рекомендуем обратить внимание на задачи по определению массы паров в воздухе (применение уравнение Менделеева – Клапейрона и формулы для относительной влажности воздуха), задачи по калориметрии с использованием КПД процесса и задачи на применение первого закона термодинамики и уравнения для внутренней энергии одноатомного идеального газа в изохорном процессе, где необходимо в явном виде указывать равенство нулю работы газа.

На позиции 21 находятся качественные задачи по электродинамике, при этом значимая доля заданий посвящена анализу цепей постоянного тока. Рассмотрим особенности, на которые нужно обратить внимание при обучении решению таких задач.

1. Анализ цепей постоянного тока, содержащих только резисторы/лампочки и реостаты (см. пример на рисунке справа).
Здесь нужно обратить внимание на следующие моменты.



- В условии задачи указывается, что амперметр и вольтметр идеальные; это означает, что сопротивлением амперметра можно пренебречь, а сопротивление вольтметра бесконечно велико.
- Если в задании описываются два состояния цепи (ключ замкнут/разомкнут, рычажок реостата находится в разных положениях), то желательно построить две эквивалентные схемы. Это проще, чем подробно описывать их работу в каждом из состояний. Например, для схемы на рисунке до замыкания ключа ток во внешней цепи протекает только через соединённые последовательно лампочку R_1 и резистор R_3 , а вольтметр показывает напряжение на последовательно соединённых лампочке и этом резисторе; после замыкания ключа ток будет протекать через соединённые параллельно лампочку R_1 и резистор R_2 и подключенный к ним последовательно резистор R_3 . Вольтметр же будет показывать напряжение только на резисторе R_2 .

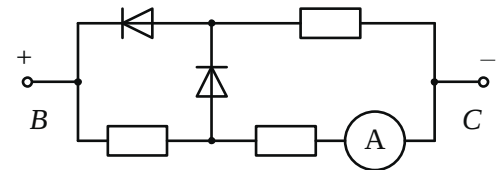
– Как правило, в рассуждениях необходимо ссылаться на законы и формулы, которые нужно записывать в явном виде, например закон Ома для полной цепи, участка цепи, общего сопротивления при последовательном или параллельном соединении проводников. Особенно обратите внимание на закон Ома для участка цепи для определения показания вольтметра: $U = IR = \mathcal{E} - Ir$.

– Необходимо правильно интерпретировать ситуацию «закорачивания» резистора, когда замыкают ключ, параллельно подключенный к нему, или выводят сопротивления реостата до нуля, а также ситуацию перегорания лампочки, которое означает разрыв в цепи.

– Если в задании приведена фотография электрической цепи и изменяется сопротивление реостата, то в этом случае необходимо дополнительно использовать формулу сопротивления проволоочного проводника ($R = \rho \frac{l}{S}$), чтобы показать, каким

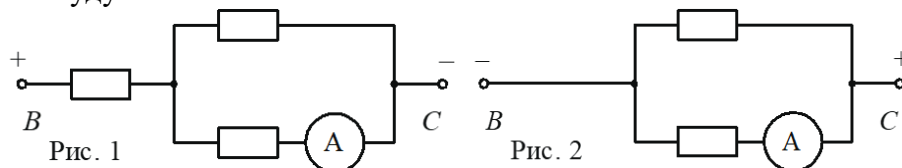
образом при изменении длины проводника меняется сопротивление реостата.

2. Анализ цепей постоянного тока, содержащих диоды (см. пример на рисунке справа). Здесь, как правило, рассматриваются ситуации изменения полярности подключения источника тока и необходимо учитывать следующее.



– В задании указывается, что диоды идеальные. Это означает, что при прямом подключении их сопротивление стремится к нулю, а при обратном обладает бесконечно большим сопротивлением, и ток через него не течёт.

– Необходимо сделать две эквивалентные схемы. Например, для ситуации рисунка выше схемы будут такие:



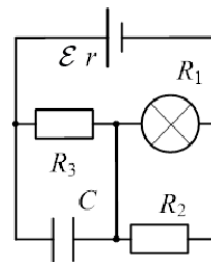
– Если в условии задания приводятся соотношения между сопротивлением резисторов, то лучше проводить минимальные расчеты изменения величин, а не просто указывать характер их изменения. Если в задаче требуется определить изменения в показаниях приборов, то можно ограничиться только характером изменения величин; если же

требуется найти какую-либо величину или определить, во сколько раз изменилась величина, то последовательные расчеты обязательны.

3. Анализ цепей постоянного тока, содержащих конденсатор (см. пример на рисунке справа). Здесь могут рассматриваться разные ситуации.

А) Используется воздушный конденсатор, и меняются его параметры (площадь пластин или расстояние между ними).

Б) Параметры цепи изменяются при замене источника тока, изменении сопротивления реостата или перегорании лампочки.



При анализе необходимо учитывать следующее:

– Если цепь длительное время замкнута и конденсатор полностью заряжен, то он не влияет на протекание тока через остальные элементы внешней цепи и представляет собой разрыв в цепи постоянного тока.

– Напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе / участке цепи, который с ним соединен параллельно. Это обязательно должно быть указано в рассуждениях. Следовательно, напряжение на конденсаторе может быть найдено по закону Ома для участка цепи для соответствующего резистора.

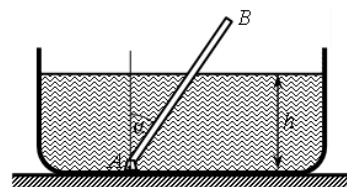
На позиции 26 в следующем году будут предложены задачи по механике трех типов: по динамике на движение связанных тел, по статике и на применение законов сохранения в механике. Еще раз остановимся на особенностях решения этих задач.

Напомним, что в обосновании для задач по статике необходимо указать на выбор инерциальной системы отсчета, использование модели абсолютно твёрдого тела, условия равновесия твёрдого тела относительно поступательного и относительно вращательного движения. Но в задачах по статике могут встречаться и дополнительные условия, которые должны быть отражены в обосновании, например нить, связывающая тела, для которой необходимо указать, что она нерастяжима, или третий закон Ньютона.

Приведем пример задачи по статике с описанием требований к обоснованию.

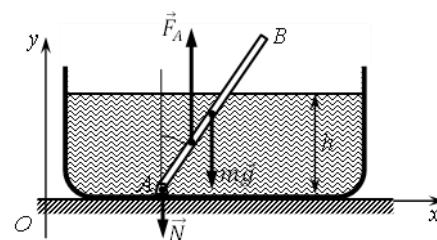
Пример 27

На дне кастрюли с водой неподвижно закреплён шарнир малых размеров. К шарниру прикреплён нижним концом тонкий однородный стержень АВ постоянного поперечного сечения S . Он может без трения поворачиваться на шарнире в плоскости рисунка. Толщина слоя воды в кастрюле h . В равновесии стержень образует



с вертикалью угол α и тянет шарнир с силой $\vec{F}$. Плотность воды ρ_0 . Чему равна плотность материала стержня ρ ? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на стержень АВ. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

В обосновании этой задачи, кроме типовых пунктов, указанных выше, необходимо указать направление силы реакции опоры. Для этого делается рисунок, который оценивается по критерию К2. На стержень действуют три силы: сила тяжести $m\vec{g}$, сила Архимеда $\vec{F}_A$ и сила реакции шарнира $\vec{N}$. Силы $m\vec{g}$ и $\vec{F}_A$ направлены вертикально, поэтому из условия



равновесия для сил следует, что и сила $\vec{N}$ направлена вертикально. Силы $\vec{F}$ и $\vec{N}$ связаны третьим законом Ньютона: $\vec{F} = -\vec{N}$, поэтому сила $\vec{F}$ тоже направлена по вертикали.

В условии указано, что стержень тянет шарнир. Значит, сила $\vec{F}$ направлена не просто по вертикали, а по вертикали вверх. По этой причине сила $\vec{N}$ направлена вертикально вниз.

Как было отмечено в разделе анализа решения задач, запись обоснований к задачам на применение законов сохранения в механике вызывает существенные затруднения, особенно это касается закона сохранения импульса. Ниже приведены два примера заданий, в которых к обоснованию приведены пояснения.

Пример 28

Снаряд массой 3 кг разорвался в полёте на две равные части, одна из которых продолжила движение в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличилась за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Модуль скорости осколка, летящего по направлению движения снаряда, равен 800 м/с, а модуль скорости второго осколка – 200 м/с. Найдите величину ΔE . Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Обоснование

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли.
2. Будем считать все тела материальными точками, рассматривая их движение как поступательное.
3. Так как при решении задачи мы пренебрегаем силой трения во время взрыва, то можно использовать закон сохранения энергии для снаряда с учетом энергии разрыва.
4. Поскольку время разрыва снаряда мало, импульсом внешних сил (сил тяжести и сил сопротивления воздуха) можно пренебречь, а значит, для решения задачи можно воспользоваться законом сохранения импульса.

Пояснение

Изменение импульса осколка $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$. Если учесть, что при разрыве снаряда изменение импульса осколка $\Delta \vec{p}$ конечно, а время разрыва снаряда Δt мало, то получаем, что сила огромна. Поэтому можно пренебречь конечными внешними силами (силой тяжести $m\vec{g}$ и силой сопротивления воздуха). Но тогда и импульсом внешних сил можно пренебречь на фоне импульса силы. Значит, в нашем приближении в системе двух осколков действуют только внутренние силы. Поэтому импульс этой системы тел в ИСО сохраняется.

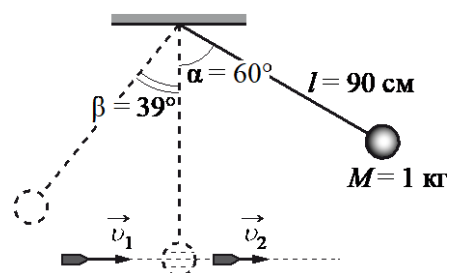
Подчеркнём: при взрыве импульс внешних сил мал не только сам по себе (произведение конечной силы и малого интервала времени), но и по сравнению с импульсом силы $\vec{F}_{\text{взрыва}}$. Именно по второй причине им можно пренебречь.

Соотношение модулей сил можно оценить и количественно (по порядку величины). Продолжительность взрыва явно меньше 0,1 с, иначе мы бы увидели взрыв как последовательность событий, однако в нашем восприятии он происходит мгновенно. За время взрыва скорости осколков меняются на сотни метров в секунду (в нашей задаче – на 500 м/с). Значит, по порядку величины ускорение осколков не меньше $10^4 \div 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

А это означает, что $\frac{|\vec{F}_{\text{взрыва}}|}{mg} \geq 10^3 \div 10^4 \gg 1$.

Пример 29

Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 0,9 м, отводят от положения равновесия на угол 60° и отпускают. В момент прохождения шара через положение равновесия в него попадает пуля, летящая навстречу шару, которая пробивает его и продолжает двигаться горизонтально (см. рисунок). Определите модуль изменения импульса пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на



угол $\alpha = \frac{\arccos 7}{9} \approx 39^\circ$. (Массу шара считать неизменной; диаметр шара –

пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити). Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Обоснование

1. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной.
2. Шар и пулю будем считать материальными точками, так как их размеры малы по сравнению с длиной нити.
3. При движении шара на нити вниз и вверх выполняется закон сохранения механической энергии, так как сопротивлением воздуха по условию задачи можно пренебречь, а работа силы натяжения нити равна нулю (эта сила в любой точке траектории перпендикулярна скорости тела).
4. При соударении тел для системы «пуля – шар» в ИСО выполняется закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось, так как внешние силы (силы тяжести и сила натяжения нити) во время соударения вертикальны.

Пояснение

Начнем с утверждения о вертикальности внешних сил. Для сил тяжести это очевидно. А нить вертикальна, только когда пуля начинает пробивать шар. Оценим время прохода пули через шар. Если шар деревянный, его диаметр при заданной в условии массе – около 12 см. Начальная скорость пули – сотни метров в секунду. Тогда время прохода пули через шар – порядка 10^{-3} с. Перед ударом скорость шара $u = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Значит, за время удара шар сместится не более чем на 3 мм, а нить отклонится не более чем на $\varphi \approx 1/300$ рад $\approx 0,2^\circ$ от вертикали. Этим углом можно и пренебречь. Значит, можно утверждать, что во время удара все внешние силы вертикальны, и поэтому в ИСО сохраняется горизонтальная составляющая импульса системы тел «пуля – шар».

Тут возникает вопрос: разве здесь при столкновении тел не сохраняется импульс системы «пуля – шар» в целом (а не только его горизонтальная составляющая)? Ответ: да, при столкновении сохраняется импульс системы тел «пуля – шар» в целом.

Обоснование подобно тому, которое было в задаче о разрыве снаряда.

Поскольку время прохода пули через шар мало, импульсом внешних сил (сил тяжести и силы натяжения нити) можно пренебречь из-за их конечной величины, а значит, для решения задачи можно воспользоваться законом сохранения импульса.

Тогда возникает другой вопрос: как же можно говорить о сохранении импульса, если шар на нити после столкновения с пулей продолжает двигаться по вертикальной окружности, его скорость направлена по касательной к этой окружности и поэтому направлена горизонтально только при прохождении положения равновесия? Поэтому импульс системы тел «пуля – шар» непосредственно перед ударом горизонтален, а после

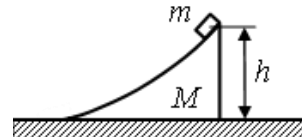
удара при движении к левому крайнему положению шара уже не горизонтален. Где же тут сохранение импульса?

Все дело в том, что мы обсуждаем два процесса разной длительности: движение шара от удара до крайнего левого положения и пролет пули через шар. Первый процесс при заданной длине нити занимает около 0,5 с, а второй – не более 10^{-3} с. В первом процессе импульс не сохраняется, и это видно. Во втором процессе нить отклоняется от вертикали на угол $\varphi \lesssim 1/300$ рад $\ll 1$. И если на выходе из удара модуль импульса шара равен p , то его вертикальная проекция $p_y = p \sin \varphi \approx p\varphi \lesssim p/300 \ll p$. Другими словами, на выходе из удара вертикальная проекция импульса шара пренебрежимо мала по сравнению с модулем импульса шара. И в рамках этой точности ($1/300$ – пренебрежимо малая величина) при столкновении шара с пулей сохраняется импульс системы тел «пуля – шар».

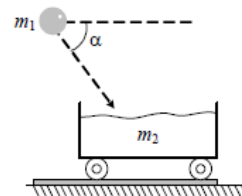
Подведём итоги. В данной задаче для ее решения достаточно использовать при описании удара сохранение проекции импульса системы тел на горизонтальную ось. Но в рамках той же точности при описании удара справедлив и закон сохранения импульса системы тел в целом. Поэтому при решении этой задачи можно сослаться (с обоснованием!) на любую из этих двух версий закона сохранения импульса.

В заключение приведем две ситуации, в которых выбирать уже не приходится: закон сохранения импульса выполняется не в целом, а только в проекциях на горизонтальную ось.

1) На гладкой горизонтальной поверхности находится клин массой M . По гладкой поверхности клина съезжает маленькая шайба массой m . В начальный момент времени скорости клина и шайбы равны нулю, шайба находится на высоте h (см. рисунок).



2) Камень падает под углом α к горизонту с некоторой скоростью в тележку с песком, покоящуюся на горизонтальных рельсах (см. рисунок).



Отметим еще один обязательный элемент обоснования для некоторых задач, который теперь будет учитываться при оценивании. Если в задаче используются кинематические уравнения равномерного или равноускоренного движения, то их применение также нуждается в обосновании. Приведем пример такой ситуации: «Снаряд, выпущенный с поверхности Земли из пушки с некоторой начальной скоростью под углом α к горизонту, разорвался в верхней точке своей траектории на два осколка. Сразу после взрыва скорость первого осколка сонаправлена со скоростью снаряда перед разрывом и до падения на Землю он сместился по горизонтали на расстояние S от места взрыва. Траектории снаряда и осколков лежат в одной вертикальной плоскости. Сопротивлением воздуха пренебречь».

В этом случае необходимо обоснование использования кинематических уравнений для свободного падения: поскольку по условию задачи сопротивлением воздуха следует пренебречь, то движение осколков происходит только под действием силы тяжести и может быть описано кинематическими формулами равномерного и равноускоренного движения (или формулами для свободного падения).

Надеемся, что наши рекомендации помогут в планировании учебного процесса и подготовки учащихся к сдаче ЕГЭ по физике.

Отметим, что в 2027 г. структура КИМ ЕГЭ по физике останется без изменений, никаких дополнительных элементов содержания в задания части 1 не вводится. Тематика заданий части 2 описана выше.

**Основные результаты выполнения экзаменационной работы ЕГЭ 2026 г.
по ФИЗИКЕ**

Анализ надежности экзаменационных вариантов по физике подтверждает, что качество разработанных КИМ соответствует требованиям, предъявляемым к стандартизированным тестам учебных достижений. Средняя надежность (коэффициент альфа Кронбаха)¹ КИМ по физике – 0,91.

№	Проверяемые требования (умения)	Коды проверяемых требований	Коды проверяемых элементов содержания	Уровень сложности задания	Максимальный балл за выполнение задания	Средний процент выполнения
1	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	1.1.5, 1.1.6	Б	1	84,4
2	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	1.2.4, 1.2.7, 1.2.8	Б	1	81,3
3	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	1.4.1, 1.4.3, 1.4.4, 1.4.6–1.4.8	Б	1	87,4
4	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	1.3.1, 1.3.3, 1.3.6, 1.5.2, 1.5.4, 1.5.5	Б	1	80,6
5	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики	3	1	П	2	77,5
6	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	3	1	Б	2	72,6
7	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	2.1.8–2.1.10, 2.1.12	Б	7	86,7
8	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	2.2.4–2.2.7, 2.2.9, 2.2.10	Б	8	74,9
9	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики	3	2	П	9	57,6
10	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	3	2	Б	10	74,9

¹ Минимально допустимое значение надежности теста для его использования в системе государственных экзаменов равно 0,8.

11	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	3.1.2, 3.2.1, 3.2.3, 3.2.8, 3.2.9	Б	1	80,9
12	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	3.3.3, 3.3.4, 3.4.3, 3.4.6, 3.4.7	Б	1	72,7
13	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	3.5.1, 3.6.2, 3.6.3, 3.6.7	Б	1	70,9
14	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики	3	3	П	2	52,7
15	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	3	3	Б	2	72,4
16	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	4.2.1, 4.3.1–4.3.4	Б	1	83,9
17	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	3	4	Б	2	66,8
18	Правильно трактовать физический смысл изученных физических величин, законов и закономерностей	2	1–4	Б	2	58,7
19	Определять показания измерительных приборов	7	1–3	Б	1	82,5
20	Планировать эксперимент, отбирать оборудование	7	1–4	Б	1	88,4
21	Решать качественные задачи, использующие типовые учебные ситуации с явно заданными физическими моделями	6	1–3	П	3	50,2
22	Решать расчетные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул из одного раздела курса физики	5	1, 2	П	2	50,4
23	Решать расчетные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул из одного раздела курса физики	5	2, 3	П	2	39,0
24	Решать расчетные задачи с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики	5	2	В	3	22,1
25	Решать расчетные задачи с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики	5	3	В	3	24,8
26	Решать расчетные задачи с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики, обосновывая выбор физической модели для решения задачи	5	1.1–1.4	В	4	K1 –14,9 K2 –21,5