



ФИПИ

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

М.Ю. Демидова, В.А. Грибов

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для учителей, подготовленные
на основе анализа типичных ошибок
участников ЕГЭ 2025 года**

по ФИЗИКЕ

Москва, 2025

В контрольные измерительные материалы ЕГЭ-2025 по физике было включено 26 заданий, оценивающих уровень освоения основных предметных результатов и элементов содержания школьного курса физики в соответствии со ФГОС СОО. Задания КИМ были направлены 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 расчетные задачи различных типов.

Каждый вариант экзаменационной работы состоял из двух частей и включал в себя задания, различающиеся формой и уровнем сложности. Часть 1 содержала 20 заданий с кратким ответом (в виде числа, на множественный выбор и на соответствие). Часть 2 содержала 6 заданий с развернутым ответом.

В части 1 работы содержалось 10 заданий, проверяющих владение основным понятийным аппаратом школьного курса физики. Эти задания предполагали применение законов и формул в стандартных учебных ситуациях, интерпретацию физических зависимостей, представленных в виде различных графиков, анализ электрических или оптических схем. Восемь заданий части 1 были направлены на анализ физических процессов и явлений с использованием изученных теоретических положений, законов и физических величин. Владение методологическими умениями (снятие показаний, использование метода рядов и выбор оборудования по предложенной гипотезе опыта) оценивалось двумя заданиями в конце части 1. Часть 2 работы была полностью посвящена решению задач: одно из заданий представляло собой качественную задачу, а остальные – расчетные задачи.

В экзаменационной работе были представлены задания разных уровней сложности: 17 заданий базового, шесть заданий повышенного и три задания высокого уровня. Задания базового уровня проверяли овладение предметными результатами на наиболее значимых элементах содержания курса физики, входящих в содержание курса физики базового 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 расчетные 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 были представлены блоки заданий по четырем разделам курса физики: шесть заданий по механике, четыре задания по молекулярной физике, пять заданий по электродинамике и два 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 тематических блоков было включено задание интегрированного характера на понимание сведений теоретического характера. В конце части 1 предлагались два задания на проверку методологических умений: на определение показаний измерительного прибора,

представленного на фотографии, и выбор оборудования для проведения исследования по заданной в условии гипотезе. Максимальный балл за выполнение части 1 работы составлял 62 % максимального балла.

Часть 2 работы была посвящена оценке умения решать качественные и расчетные 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, т.е. тех физических законов, которые использовались при решении задачи. Максимальный балл за решение задач составлял 38 % максимального балла за всю работу.

В структуру КИМ ЕГЭ по физике в 2025 г. изменения не вносились. При этом был расширен спектр проверяемых элементов содержания в заданиях части 1: линий 2 (включен закон всемирного тяготения), 4 (звуковые волны), 8 (количество теплоты), 16 (закон радиоактивного распада) – и части 2: линий 21 (включены качественные задачи по механике) и 26 (включены расчетные задачи по статике).

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

Число участников основного периода ЕГЭ по физике в 2025 г. составило 99,5 тыс. человек (91 тыс. человек в 2024 г., 92 тыс. человек в 2023 г.).

Средний балл ЕГЭ по физике 2025 г. составил 61,3.

Минимальный балл ЕГЭ по физике в 2025 г. составил 8 первичных / 36 тестовых баллов. Доля участников экзамена, не преодолевших минимального балла, составила около 4 %.

Максимальный тестовый балл в 2025 г. набрали 566 участников экзамена. Доля участников экзамена, набравших 81–100 баллов, превысила 13 %.

На рис. 1 представлены распределения результатов участников ЕГЭ по физике по первичным баллам.



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 табл. 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	
	2024 г.	2025 г.
Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях	80,8	76,7
Анализ и объяснение явлений и процессов	64,7	61,2
Методологические умения	83,8	82,6
Решение задач	28,7	26,5

В целом структура овладения основными умениями, формируемыми в курсе физики, осталась неизменной. Немного снизились результаты, причем пропорционально по всем проверяемым группам предметных результатов. Это может быть связано с увеличением численности участников ЕГЭ по физике в этом году. Возможно, эта группа участников имела недостаточную подготовку для демонстрации высоких результатов.

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

Таблица 2

Раздел курса физики	Средний % выполнения по группам заданий	
	2024 г.	2025 г.
Механика	60,6	57,8
МКТ и термодинамика	60,1	58,2

Электродинамика	56,6	55,5
Квантовая физика	77,3	71,5

Обобщенные результаты выполнения заданий разного уровня сложности по одному и тому же разделу курса физики также продемонстрировали небольшое снижение. При этом наибольшие различия наблюдаются по квантовой физике, по которой в экзаменационном варианте используется всего 2 задания. К сожалению, здесь сказалось введение в этом году заданий на закон радиоактивного распада, которые отсутствовали в КИМ в прошлом году. Эта группа заданий выполнялась хуже заданий на строение атома, ядра или задания на ядерные реакции.

В табл. 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 2025 г.			
	2024 г.	2025 г.	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Базового уровня	77,0	72,9	19,1	58,1	86,1	96,5
Повышенного уровня	48,1	48,0	10,0	24,6	59,6	88,6
Высокого уровня	20,9	18,9	0,01	1,6	20,8	75,1

По сравнению с прошлым годом на прежнем уровне зафиксированы результаты выполнения заданий повышенного уровня. При этом наблюдается снижение результатов для заданий базового уровня сложности. Анализ показывает, что здесь недостаточно высокие результаты были продемонстрированы для заданий, в которых требовался хотя бы минимальный анализ ситуации перед подстановкой числовых данных в формулы.

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 по каждой линии заданий для экзаменационной работы 2025 г.



Рис. 2

Исходя из общепринятых норм, содержательный элемент или умение считается усвоенным, если средний процент выполнения соответствующей ему группы заданий с кратким и развернутым ответами 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, сила трения, закон Гука, закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии, правило равновесия рычага, период свободных колебаний математического маятника, частота колебаний, кинетическая энергия, скорость звука, зависимость средней кинетической энергии теплового движения молекул от температуры, основное уравнение МКТ, уравнение состояния 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, мощность тока, магнитный поток, энергия магнитного поля катушки с током, сила Лоренца, закон Фарадея, период свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, закон отражения света, закон радиоактивного распада;
- определять изображения в собирающей линзе, состав атомного ядра, массовое и зарядовое числа ядер в ядерных реакциях;
- анализировать характер изменения физических величин для следующих процессов и явлений: плавание тел, движение тела по наклонной плоскости, движение тела, брошенного под углом к горизонту, движение тела по окружности, изменение параметров газов в изопроцессах в идеальном газе, в том числе представленных при помощи графика, изменение парциального давления в смеси газов, изменение

сопротивления реостата в цепи постоянного тока, движение заряженной частицы в магнитном поле, явление фотоэффекта;

- устанавливать соответствие между процессами излучения и поглощения света атомом и энергетическими переходами атома;
- интерпретировать графики, отражающие зависимость физических величин, характеризующих свободные колебания математического маятника, свободные электромагнитные колебаний в колебательном контуре;
- проводить комплексный анализ физических процессов: равноускоренное движение, представленное в виде графика зависимости координаты от времени, сравнение равноускоренного и равномерного движений, представленных в виде графиков зависимости координаты от времени, сравнение двух равноускоренных движений представленных в виде графиков зависимости скорости от времени, движение бруска по шероховатой поверхности, колебания математического маятника, колебания пружинного маятника, плавание тел, изменение агрегатных состояний вещества, представленное в виде графика зависимости температуры от времени нагревания, цикл изопроцессов, представленных в виде графиков, свойства ненасыщенного и насыщенного паров, свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре;
- 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 (динамометр, термометр, барометр, амперметр, вольтметр) с учетом погрешности измерений;
- выбирать недостающее оборудование для проведения косвенных измерений из предложенного перечня и экспериментальную установку для проведения исследования.

К дефицитам можно отнести следующие умения:

- анализировать характер изменения физических величин при изменении объема насыщенного пара;
- проводить комплексный анализ физических процессов: равномерное движение тела по окружности, изменение давления газа в изопроцессах в зависимости от средней кинетической энергии теплового движения молекул, взаимодействие двух неподвижных точечных зарядов, изменение емкости конденсатора при изменении расстояния между его пластинами, возникновение индукционного тока в катушке при изменении тока в катушке на том же сердечнике;
- решать расчетные задачи повышенного уровня сложности;
- решать качественные задачи;
- решать расчетные задачи высокого уровня сложности.

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

Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях

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

Средний результат выполнения заданий на применение формул в стандартных ситуациях по механике составил 76 %, что несколько ниже, чем в прошлом году, – 83 %.

С результатами выше 80 % выполнены задания на расчет коэффициента трения скольжения при задании условий в виде таблицы данных опытов, расчет кинетической энергии движущегося тела, применение закона сохранения энергии для тела, поднимающегося по гладкой наклонной плоскости, изменение периода колебаний пружинного маятника при изменении массы груза.

Ниже ожидаемого оказались результаты выполнения заданий на применение закона всемирного тяготения, в среднем – 65 %. Ниже приведен пример такого задания.

Пример 1

Модуль сил гравитационного притяжения между двумя однородными шарами, центры которых находятся на расстоянии 6 м друг от друга, равен 12 нН. Каков будет модуль сил притяжения между ними, если расстояние между их центрами уменьшить до 3 м?

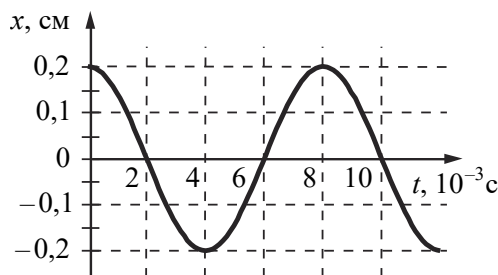
Ответ: _____ 48 _____ нН.

Здесь верный ответ указали лишь 58 % участников, а еще четверть записала ответы 24 и 6, т.е. в 2 раза больше или меньше, что говорит о проблемах со знанием формулы.

Традиционно трудности вызвали задания на независимость периода колебаний математического маятника от массы груза (50 % выполнения), а также задания на определение параметров механической волны при помощи графика (см. пример ниже).

Пример 2

На рисунке показан график зависимости координаты x от времени t для одной из точек колеблющейся струны. Чему равна частота этих колебаний струны согласно графику?



Ответ: _____ 125 _____ Гц.

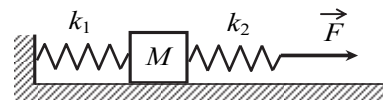
Здесь лишь 53 % участников записали верный ответ, а еще 26 % указали ответ 0,125. Таким образом, около 80 % экзаменуемых умеют находить по графику период колебаний и знают соотношение между частотой и периодом, но допускают ошибку в снятии показаний с графика, не обращая внимания на дополнение при обозначении оси времени.

Хочется отметить, что наиболее успешно выполнялись задания, в которых напрямую требуется только подставить указанные значения в какую-либо формулу. При любых дополнительных условиях, даже тех, которые давно известны и отражены

в открытом банке заданий, возникают трудности с выполнением у групп выпускников с низким уровнем подготовки. Проиллюстрируем это примером ниже.

Пример 3 (средний результат выполнения – 59 %)

К системе из кубика массой 2 кг и двух невесомых пружин приложена постоянная горизонтальная сила \vec{F} (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 400$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 800$ Н/м. Удлинение второй пружины равно 2 см. Определите модуль силы F .



Ответ: _____ 16 _____ Н.

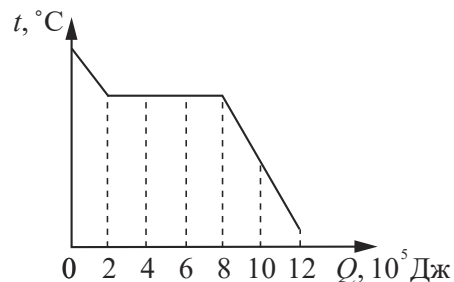
По молекулярной физике в экзаменационном варианте использовалось два задания на применение законов и формул. По сравнению с прошлым годом содержание было немного расширено за счет заданий на формулы для удельной теплоемкости, удельной теплоты плавления и парообразования. Средний результат оказался равным 76 %, что, как и по механике, немного ниже, чем в прошлом году, – 81 %.

Результаты выше 80 % продемонстрированы для групп заданий на применение формулы связи температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его молекул, уравнения $p = nkT$, уравнения состояния газа, первого закона термодинамики, формулы для КПД теплового двигателя через работу и количество теплоты, полученного от нагревателя.

Ниже ожидаемого выполнены простые задания на определение удельной теплоемкости, удельной теплоты плавления или парообразования с использованием графиков изменения агрегатных состояний вещества – в среднем 56 % выполнения. Пример такого задания приведен ниже.

Пример 4 (средний результат выполнения – 54 %)

На рисунке показан график зависимости температуры вещества от отданного им количества теплоты в процессе теплообмена с окружающей средой. Масса вещества равна 1,5 кг. Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота плавления вещества?



Ответ: _____ 400 _____ кДж/кг.

Здесь допустили арифметическую ошибку, указав неверную степень с цифрой 4, лишь 6 % участников. Остальные неверно определили количество теплоты, выделившееся при кристаллизации вещества, чаще всего используя при этом значение $12 \cdot 10^5$ Дж. У этого задания (как и у аналогичных ему) очень высокая дифференцирующая способность: участники из сильной группы выполняют его с результатом 98 %, а из слабой группы – лишь 18 %.

Еще одна группа заданий, которая традиционно вызывает затруднения, – на применение формул, когда одна из величин из меняется на какое-то значение, а не во столько-то раз (см. пример ниже).

Пример 5 (средний результат выполнения – 52 %)

При уменьшении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул аргона уменьшилась в 3 раза. Какова начальная температура газа?

Ответ: _____ 900 _____ К.

В этом задании 20 % участников привели ответ 1800, считая конечную температуру равной 600 К. У этого задания (как и у аналогичных ему) также очень высокая дифференциация в выполнении между сильной группой (91 %) и слабой группой (11 %). Очевидно, что в данном случае проблема не в знании формулы, а в проведении простейших математических преобразований, т.е. в различиях в математической подготовке.

Для заданий по электродинамике средний результат выполнения, как и по двум другим разделам, составил 76 %, что сопоставимо с показателем прошлого года – 77 %.

Для формул по электродинамике средний результат выполнения выше 80 % отмечен для групп заданий на поиск изображения предмета в собирающей линзе, определение расстояния до изображения в плоском зеркале, расчет силы тока через протекающий заряд с использованием графика зависимости заряда от времени, а также на применение закона Фарадея, формулы для мощности тока и формулы для магнитного потока через индукцию магнитного поля и площадь рамки.

Немногим более 65 % участников справились с заданиями на применение закона Кулона, закона Ома для участка цепи в случае использования графика зависимости силы тока от напряжения, формулы для энергии магнитного поля катушки с током, закона отражения света.

Более сложными оказались группы заданий на сравнение сил Лоренца, определение ЭДС самоиндукции по графику зависимости силы тока от времени, сравнение периода колебаний в колебательном контуре при изменении индуктивности катушки или электроемкости конденсатора и применение формулы для магнитного потока (см. пример ниже).

Пример 6 (средний процент выполнения – 58)

Проволочная рамка вращается в постоянном однородном магнитном поле вокруг оси, перпендикулярной вектору магнитной индукции. Ось вращения лежит в плоскости рамки. Магнитный поток, пронизывающий поверхность, которая ограничена рамкой, изменяется по закону $\Phi = 4 \cdot 10^{-7} \cos 100\pi t$, где все величины выражены в СИ. Модуль вектора магнитной индукции равен 2 мТл. Определите площадь рамки.

Ответ: _____ 2 _____ см².

В этом задании ошибку в вычислении степени допустили 11 % участников, остальные же испытывали затруднения с пониманием аналитической записи для изменения магнитного потока.

На позиции 16 в экзаменационном варианте предлагалось всего одно задание по квантовой физике. Задание было с кратким ответом и базового уровня сложности. Средний результат выполнения заданий этой линии оказался равным 79 %, что сопоставимо с результатом прошлого года – 78 %. Для заданий на понимание строения ядра атома продемонстрирован средний результат 87 %, что выше показателей прошлого года – 78 %. Задания на определение заряда или массового числа неизвестного элемента в ядерной реакции при условии, что эта реакция была записана в явном виде, также показали более высокий результат – 91 % (в 2024 г. – 86 %). Более сложными оказались

задания на понимание периода полураспада радиоактивных ядер и графика зависимости числа радиоактивных ядер от времени (см. пример ниже).

Пример 7

Период T полураспада изотопа рубидия $^{87}_{37}\text{Rb}$ равен 23 мин. Изначально образец содержал 4 мкмоль этого изотопа. Сколько этого изотопа останется через 92 мин.?

Ответ: _____ 0,25 _____ мкмоль.

Эта группа заданий в прошлом году не использовалась, средний результат выполнения таких заданий оказался равным 68 %.

Понимание графиков зависимостей физических величин

В каждом экзаменационном варианте предлагались задания 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 линии 15 – задания на распознавание графиков, характеризующих электромагнитные колебания в контуре. В линиях использовались отдельные модели заданий, в которых для расчета величин или объяснения процессов необходимо было интерпретировать вид предложенных графических зависимостей. Анализ результатов последней группы заданий представлен в других подразделах настоящих рекомендаций.

Средний результат выполнения группы заданий линии 1 составил 80,4 %. При этом задания на определение проекции ускорения по графику зависимости проекции скорости тела от времени для равноускоренного движения выполнены с более высоким средним результатом – 87 %, чем задания на определение пути, пройденного телом, по графику зависимости модуля скорости тела от времени – 75 %. Следует отметить, что предлагалось определить путь суммарно для двух-трех участков движения с разным ускорением

и систематические ошибки в веерах ответов не выделяются, основной причиной снижения результатов по сравнению с прошлым годом стали арифметические ошибки при расчете площадей трапеций.

На линии 15 предлагались задания на распознавание графиков для электромагнитных колебаний в контуре. При этом были как традиционные формулировки с рисунком колебательного контура и описанием начальных условий, так и задания, в которых условия были заданы аналитическими формулами для напряжения на конденсаторе или силы тока в катушке. Независимо от формулировки с определением величин для указанных графиков справилась половина участников экзамена. Пример задания приведен ниже.

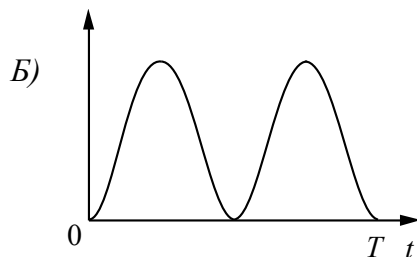
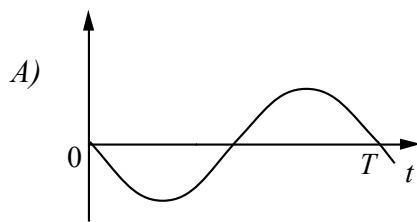
Пример 8 (средний процент выполнения – 50)

Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. Напряжение между обкладками конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой $U(t) = U_m \cdot \cos \omega t$.

Приведённые ниже графики А и Б представляют зависимость физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре, от времени t (T – период колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд одной из обкладок конденсатора

Ответ:

A	B
1	2

Как показывает анализ веров ответов, полностью верный ответ 12 смогли указать 37 % выпускников, почти треть определила первый график как заряд одной из обкладок конденсатора. Затруднения были либо в непонимании, что колебания заряда конденсатора и напряжение на нем синфазны, либо в недостаточной математической подготовке и непонимании аналитической формулы.

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

На позиции 18 в экзаменационном варианте предлагались задания на проверку понимания основных теоретических положений школьного курса физики. Задания имели интегрированный характер и 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 55 %, что полностью соответствует результатам прошлого года. Сохранились и тенденции верного выбора утверждений в зависимости от их типа: успешнее выделялись верные и неверные утверждения, описывающие закономерности, представленные в различных формулах и законах. Менее успешно выполнены задания с утверждениями, описывающими свойства явлений и процессов. Приведем пример одного из заданий.

Пример 9 (средний процент выполнения – 53)

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

- 1) Тела действуют друг на друга силами одной и той же природы, равными по модулю и противоположными по направлению.
- 2) Конденсацией называют процесс преобразования жидкости в твёрдое вещество.
- 3) В процессе поляризации связанные положительные и отрицательные заряды диэлектрика смещаются в противоположные стороны.

- 4) Энергия магнитного поля катушки индуктивностью L прямо пропорциональна квадрату силы тока в катушке.
- 5) Свет обладает дуализмом свойств: при его распространении проявляются корпускулярные свойства света, а при взаимодействии с веществом – волновые.

Ответ: _____ 134 _____.

При выполнении этого задания полностью верный ответ выбрали 20 % участников. При этом ответ 1 указали 70 % выпускников, ответ 4 по формуле для энергии магнитного поля – 72 %, а вот ответ 3, связанный с описанием процесса поляризации диэлектрика, – только 47 %. Стоит отметить, что неверный ответ 5 о корпускулярно-волновом дуализме 51 % экзаменуемых указали как верный.

Ниже приведены примеры верных утверждений, которые выбирались реже ожидаемого.

- В ходе процесса кристаллизации жидкости внутренняя энергия системы «жидкость + твердое тело» уменьшается, а температура этой системы остается неизменной.
- При переходе электромагнитной волны из оптически менее плотной в оптически более плотную среду длина волны уменьшается.
- В однородном электростатическом поле работа по перемещению заряда между двумя точками не зависит от формы траектории.
- Весь электростатический заряд проводника сосредоточен на его поверхности.

Линии заданий 6, 10, 15 и 17 проверяли преимущественно умение анализировать изменение физических величин в различных. Результаты выполнения этих групп заданий различны по разным разделам курса физики. Так, наиболее высокий средний результат выполнения – 78 % – продемонстрирован для заданий по механике (на движение тел под углом к горизонту, по наклонной плоскости и вращения на диске). По молекулярной физике средний результат составил 64 %. При этом наиболее простыми оказались задания на определение парциального давления газов и параметров газов (давление, объем, температура) в изопроцессах, чуть сложнее стали задания на определение внутренней энергии или работы газа. К проблемным можно отнести группу заданий на изобарный процесс. Пример такого задания приведен ниже.

Пример 10 (средний процент выполнения – 52)

В цилиндрическом сосуде под герметичным поршнем находится газ. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения (см. рисунок). Газ в сосуде нагревают. Как изменяются в результате нагревания давление газа и концентрация его молекул?



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.

Давление газа	Концентрация молекул газа
3	2

Сложность здесь заключалась в распознавании изобарного процесса: при нагревании газ расширяется, поршень поднимается, но давление внутри остается равным атмосферному.

На позиции 17 использовались задания на анализ изменения физических величин при фотоэффекте. Средний результат оказался равным 60 %. Самыми низкими оказались показатели по электродинамике (задание 15), где предлагались ситуации движения заряженных частиц в магнитном поле и изменение параметров резистора в цепи постоянного тока. Ниже приведен пример одного из заданий по электродинамике.

Пример 11 (средний процент выполнения – 45)

Отрицательно заряженный ион движется равномерно по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся сила, действующая на ион со стороны магнитного поля, и период его обращения, если увеличить скорость иона?

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>Сила, действующая на ион со стороны магнитного поля</i>	<i>Период обращения иона</i>
<i>1</i>	<i>3</i>

Здесь полностью верный ответ 13 выбрали 20 % участников экзамена. При этом увеличение силы Лоренца верно указали 61 %, а вот независимость периода обращения иона от его скорости отметили лишь 23 %.

Умение проводить комплексный анализ физических процессов оценивалось в КИМ при помощи трех заданий на множественный выбор: по 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 умения по работе с графической информацией.

Самыми высокими оказались средние результаты выполнения заданий на комплексный анализ физических процессов по механике – 66 %, что немного выше показателей прошлого года. По молекулярной физике результаты снизились – 59 % (в 2024 г. – 63 %), а по электродинамике, как и в прошлые годы, эти группы заданий оказались наиболее сложными: средний результат выполнения – 51 %, что немного выше показателя прошлого года – 47 %.

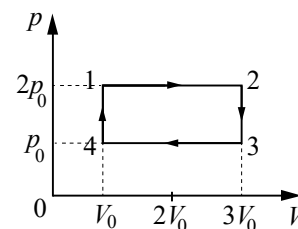
По механике наиболее высокие результаты продемонстрированы для заданий на анализ движения тела, представленного в виде графика зависимости координаты от времени (74 %), на анализ равноускоренного движения, представленного в виде таблицы (69 %) и графиков (65 %). Успешно выполнены задания на анализ колебаний пружинного маятника, представленные в виде таблицы зависимости координаты от времени (64 %). Наиболее трудной оказалась группа заданий на анализ движения автомобиля по закругленному мосту (45 %).

По молекулярной физике наиболее успешными оказались задания на анализ графика зависимости температуры от времени при изменении агрегатных состояний вещества (71 % выполнения). Выше ранее фиксированных результатов выполнены и

задания на анализ графика изменения давления пара (насыщенного и ненасыщенного) при изменении его объема (62 %). Значимо ниже продемонстрированы результаты для анализа ситуаций, представленных в виде графиков различных циклических процессов (в среднем 51 %). Пример одного из таких заданий приведен ниже.

Пример 12 (средний процент выполнения – 50)

Один моль аргона является рабочим телом в тепловом двигателе, который работает по циклу, показанному на рисунке в переменных p – V (p – давление аргона; V – его объём). Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие работу двигателя.



- 1) Аргон получает положительное количество теплоты от нагревателя только в процессе 1–2.
- 2) В процессе 3–4 внутренняя энергия аргона не изменяется.
- 3) Работа аргона за цикл равна $2p_0V_0$.
- 4) Максимальная абсолютная температура аргона в цикле в 6 раз больше минимальной.
- 5) В процессе 4–1 аргон отдаёт холодильнику положительное количество теплоты.

Ответ: _____ 34 _____.

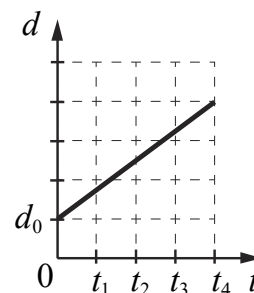
Здесь полностью верный ответ указали 27 % выпускников, а частично верный – 44 %. При этом наиболее популярные неверные ответы были 1 и 5. Это означает, что экзаменуемые успешно применяют к анализу процесса уравнение состояния газа и умеют определять работу по графику, однако испытывают сложности в применении первого закона термодинамики, не различают, в каких случаях газ получает или отдает теплоту.

Как было отмечено выше, традиционно затруднения при выполнении комплексного анализа процессов возникают для заданий по электродинамике. Здесь средний результат выполнения заданий на анализ электромагнитных колебаний в контуре, представленных в виде таблицы значений заряда конденсатора от времени, составил 52 %. Для заданий на анализ взаимодействия двух закрепленных заряженных бусин отмечено много ошибок в определении напряженности электростатического поля, а средний результат выполнения оказался равным 45 %. К сожалению, ниже уровня овладения выполнены задания на анализ ситуации возникновения индукционного тока в катушке, находящейся на одном сердечнике с катушкой, в которой электрический ток меняется в соответствии с представленным графиком, а также задания на анализ параметров плоского конденсатора (см. пример ниже).

Пример 13 (средний процент выполнения – 43)

Плоский воздушный конденсатор ёмкостью C_0 состоит из двух металлических пластин, находящихся на расстоянии d_0 друг от друга. Конденсатор зарядили и отключили от источника постоянного напряжения. Расстояние между пластинами меняется со временем так, как показано на графике.

Выберите все верные утверждения, соответствующие описанию опыта.



- 1) В интервале времени от 0 до t_4 ёмкость конденсатора остаётся неизменной.
- 2) В интервале времени от 0 до t_4 энергия конденсатора уменьшается.
- 3) В интервале времени от t_1 до t_4 заряд конденсатора остаётся неизменным.

- 4) В интервале времени от 0 до t_4 напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора остаётся постоянной.
- 5) В интервале времени от 0 до t_4 напряжение между пластинами конденсатора уменьшается.

Ответ: _____ 34 _____.

Поскольку конденсатор заряжен и отключен от источника постоянного напряжения, то заряд на нем при изменении расстояния между пластинами остается неизменным. Соответственно, при увеличении расстояния между пластинами емкость конденсатора уменьшается, следовательно, напряжение между пластинами увеличивается, напряженность электростатического поля между пластинами остается неизменной. Энергия конденсатора увеличивается, поскольку совершается работа, когда раздвигаются пластины. В этом задании полностью верный ответ указали 25 % участников экзамена, при этом ответ 3 выбирали чаще, чем ответ 4 (57 % и 41 % соответственно). Однако вторым по популярности оказался ответ 25, который описывает противоположную ситуацию уменьшения расстояния между пластинами.

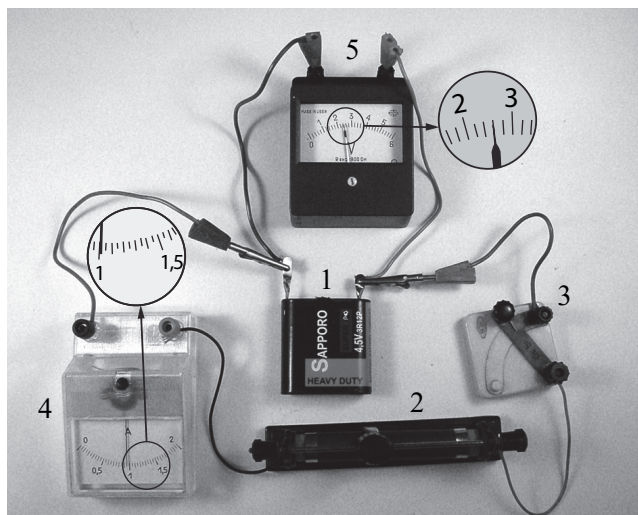
Методологические умения

В экзаменационные варианты было включено два задания базового уровня сложности, направленные на оценку методологических умений.

Задания линии 19 проверяли умение записывать показания измерительных приборов с учетом абсолютной погрешности измерений. При этом абсолютная погрешность задавалась в тексте задания через цену деления прибора. Средний результат выполнения этой группы заданий – 72 %, что несколько ниже данных прошлого года для аналогичных заданий. При этом результаты немного зависели от вида измерительного прибора: динамометр (90 %), амперметр и вольтметр (68 %), манометр (75 %). Более низкие показатели для амперметров и вольтметров связаны с тем, что использовались двухпредельные приборы и необходимо было выполнить дополнительное действие выбора шкалы для снятия показаний. Либо использовалась фотография электрической цепи, и необходимо было выбрать сам измерительный прибор (см. пример ниже).

Пример 14

Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки (1), реостата (2), ключа (3), амперметра (4) и вольтметра (5). После этого он провёл измерения напряжения на источнике и силы тока в цепи. Абсолютная погрешность измерения силы тока в цепи и напряжения на источнике равна половине цены деления амперметра и вольтметра. Чему равно по результатам этих измерений напряжение на клеммах батарейки?



Ответ: (2,6 \pm 0,1) В.

Задания линии 20 проверяли умение выбирать оборудование для проведения опыта по сформулированной в тексте задания гипотезе опыта. Предлагались задания на выбор характеристик оборудования из представленного в таблице перечня данных. Средний результат выполнения этой группы заданий составил 84 %. При этом тематика заданий (выбор параметров газа, параметров плоского конденсатора, параметров резистора) практически не влияла на результаты выполнения этих заданий.

Решение задач

В части 2 экзаменационной работы предлагалось шесть задач различного типа и уровней сложности по всем разделам школьного курса физики, кроме квантовой физики.

Качественные задачи на позиции 21 в этом году базировались на материале механики, молекулярной физики и электродинамики. Средние результаты решения качественных задач составили 22,3 %, что, к сожалению, ниже показателей прошлого года – 37,2 %.

Среди новых для вариантов ЕГЭ заданий по механике наиболее успешной с точки зрения результатов выполнения оказалась группа задач по анализу ситуации, в которой рассматривалась шайба, лежащая на горизонтальном диске на некотором расстоянии от его оси. Диск плавно раскручивают относительно вертикальной оси, проходящей через его центр, в разных опытах до разных угловых скоростей. Необходимо, зная коэффициент трения, для каждого опыта определить, начнёт ли шайба скользить по диску во время его раскручивания. Для верного решения необходимо было сделать рисунок с указанием сил, действующих на шайбу, записать второй закон Ньютона и сравнить полученную величину $\sqrt{\frac{\mu g}{R}}$ с заданными значениями угловых скоростей. 22 % участников смогли записать верный ответ и представить полностью верное объяснение, а ещё 12 % экзаменуемых представили частично верные объяснения, записав верный ответ.

Две другие серии задач по механике показали практически одинаковые результаты – в среднем 20 % выполнения. Однако для них зафиксирован достаточно высокий процент тех, кто получил 1 балл за частично верное решение, и малый процент экзаменуемых, представивших полностью верное решение. Приведем пример такого задания.

Пример 15

В первом опыте доску АВ длиной $L = 130$ см левым концом закрепили на неподвижной горизонтальной плоскости, а правый конец доски подняли над плоскостью на высоту $h_1 = 50$ см. На доску положили брусок. Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,8$. Во втором опыте правый конец этой доски подняли над плоскостью на высоту $h_2 = 78$ см и положили на доску тот же самый брусок. Как во втором опыте по сравнению с первым изменился модуль силы трения, действующей на брусок (увеличился, уменьшился, не изменился)? Сделайте схематичный рисунок с указанием сил, действующих на брусок. Укажите для каждого случая, покоится брусок или движется. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

Как правило, сделать рисунок с указанием силы тяжести, силы нормальной реакции опоры и силы трения смогли все приступившие к решению задачи. Основные ошибки были в анализе ситуации и записи второго закона Ньютона для скользящего вниз

бруска и покоящегося бруска. При скольжении $F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$, следовательно, брусок движется при $\mu < \tan \alpha$. Если брусок покоится, то $mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0$. При решении этой задачи лишь 10 % участников экзамена смогли представить полностью обоснованное объяснение и сформулировать верный ответ, еще 5 % смогли получить верный ответ, но допустили неточности в обосновании.

Среди заданий по электродинамике традиционно более успешно выполнялись качественные задачи на анализ цепей постоянного тока, в данном случае содержащие диоды. Средний результат выполнения составил 21 %. При этом лишь 14 % смогли завершить решение верным ответом, проанализировать работу двух цепей при разных включениях диодов, применить законы Ома и определить изменения включенных в цепь амперметра и вольтметра. Почти четверть участников смогла в целом разобраться в ситуации, но допустила в объяснении существенные ошибки и получила за решение 1 балл.

Наиболее сложной в электродинамике оказалась группа задач на анализ колебаний шарика над заряженной диэлектрической пластиной. Нужно было показать, как изменяется частота свободных колебаний маятника после того, как шарик получает заряд. Здесь лишь 11 % участников смогли получить верный ответ, правильно определив направление кулоновской силы, изменение ускорения шарика, и не перепутали частоту колебаний с их периодом. 14 % получили 1 балл за имеющиеся верные рассуждения, которые не привели в результате к верному ответу.

На позициях 22 и 23 предлагались расчетные задачи повышенного уровня сложности: на позиции 22 были задачи по механике или молекулярной физике (если качественная задача была по механике), а на позиции 23 – по молекулярной физике или оптике.

Средний результат решения задач по механике на применение закона сохранения импульса составил 43 %. При этом ситуации с применением закона сохранения импульса для неупругого удара для тел, движущихся по одной прямой, отмечены как доступные даже участникам с низким уровнем подготовки. Так, например, средний результат выполнения группы задач с мальчиком, запрыгивающим на движущуюся тележку или спрыгивающим с нее, составил почти 65 %. Наиболее сложной оказалась ситуация движения тел перпендикулярно друг другу (см. пример ниже).

Пример 16

Столкнулись два одинаковых пластилиновых шарика, движущихся по гладкой горизонтальной поверхности, причём векторы их скоростей непосредственно перед столкновением были взаимно перпендикулярны и вдвое различались по модулю: $v_1 = 2v_2$. Какова скорость шариков после абсолютно неупругого столкновения, если перед столкновением скорость более быстрого шарика была равна по модулю 2 м/с?

Обязательным элементом решения этой задачи была запись закона сохранения импульса в векторной форме при абсолютно неупругом столкновении $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{u}$, где \vec{u} – скорость шариков после столкновения. И только после этого, поскольку векторы импульсов шариков перед соударением были взаимно перпендикулярны, нужно было записать соотношение $(mv_1)^2 + (mv_2)^2 = (2mu)^2$. К сожалению, полностью выполнить требования к решению этой задачи смогли лишь 14 % участников экзамена.

Для заданий по молекулярной физике средний результат оказался равным 39 %. При этом около половины экзаменуемых успешно справились с задачами на применение уравнения Клапейрона–Менделеева в ситуации изменения массы газа и на применение закона Шарля и первого закона термодинамики для изохорного процесса. Традиционно более сложными оказались задачи на использование свойств насыщенного пара (условия

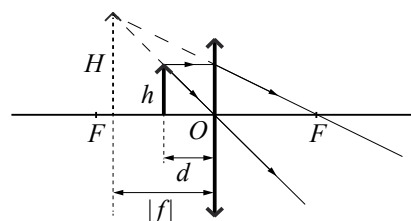
выпадения росы) и определение средней квадратичной скорости теплового движения молекул газа.

По оптике предлагалось два типа задач: на расчет изображения в линзах и применение формулы для дифракционной решетки. Средний результат выполнения заданий по оптике оказался равным 34 %. При этом наиболее успешными оказались задачи на расчет изображения в собирающих линзах при условии действительного изображения. Затруднения вызвали ситуации мнимого изображения в собирающей линзе (см. пример ниже).

Пример 17

Мнимое изображение предмета в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием $F = 8$ см получено с увеличением $\Gamma = 4$. На каком расстоянии от линзы находится предмет? Предмет расположен перпендикулярно главной оптической оси линзы. Постройте изображение предмета в линзе.

Здесь лишь 16 % участников экзамена смогли не только справиться с построением лучей на рисунке (см. рис. справа), но и записать формулу линзы для мнимого изображения: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{|f|}$.



К сожалению, ниже ожидаемого выполнены и задачи на применение формулы дифракционной решетки. В них рассматривалась ситуация, когда на дифракционную решетку падает по нормали параллельный пучок белого света, между решеткой и экраном вплотную к решетке расположена линза, которая фокусирует свет, проходящий через решетку, на экране, и обсуждались величины, связанные с шириной какого-либо спектра. Следовательно, ширина спектра $\Delta x = \frac{kL}{d}(\lambda_{\text{кр}} - \lambda_{\text{ф}})$, где L – расстояние от линзы до экрана

(фокусное расстояние линзы). Рисунок к задачам не требовался. Затруднение вызвала не формула для дифракционной решетки, а понимание того, каким образом определяется ширина спектра, т.е. разница между расстояниями до максимумов одного порядка для волн красного и фиолетового цветов.

На позиции 24 в экзаменационном варианте предлагались задачи высокого уровня сложности по молекулярной физике. Результаты решения этих задач в целом оказались немного выше, чем в прошлом году: 23,8 % в 2025 г., 21 % в 2024 г. Самые высокие результаты продемонстрированы для задач на определение параметров в смеси газов. успешно участники экзамена решали задачи на подъем воздушного шара и определение КПД процесса. Сложными оказались две группы заданий: на расчет параметров, связанных с кипением жидкости, и расчет силы для выталкивания пробки из бутылки. В обоих случаях сложности были связаны с недостаточным пониманием сути процессов, описанных в условии задачи. Рассмотрим пример такой задачи.

Пример 18

В бутылке объемом 1 л находится гелий при нормальном атмосферном давлении. Горлышко бутылки площадью 2 см^2 заткнуто короткой пробкой, имеющей массу 20 г. Когда бутылку поставили на стол вертикально горлышком вверх, оказалось, что если сообщить гелию в бутылке количество теплоты не менее 9 Дж, то он выталкивает пробку из горлышка. Какую минимальную постоянную силу нужно приложить к пробке, чтобы вытащить её из горлышка бутылки, не нагревая, если бутылка лежит

горизонтально? Модуль силы трения, действующей на пробку, считать в обоих случаях одинаковым.

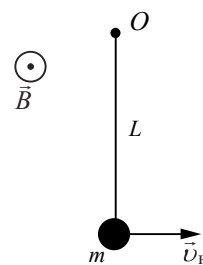
Средний результат решения этой группы задач составил всего 12 %. Для решения задачи нужно понимать, что, когда бутылка расположена горизонтально, давление снаружи и внутри одинаково и равно атмосферному p_0 . Поэтому при вытаскивании пробки прикладываемая извне минимальная сила согласно второму закону Ньютона уравнивает силу трения: $F = F_{\text{тр}}$. Когда бутылка расположена вертикально, а гелию в бутылке сообщено минимальное количество теплоты, в момент вылета сумма всех сил, действующих на пробку, согласно второму закону Ньютона, равна нулю и поэтому имеет место равенство сил: $p_0 S + F_{\text{тр}} + mg = pS$, где p – давление гелия внутри бутылки, $p_0 S = F_{\text{давл}}$, $pS = F_{\text{выт}}$. Нагревание гелия происходит изохорно. Поэтому согласно первому закону термодинамики количество теплоты Q , сообщенное гелию, идет на увеличение внутренней энергии гелия ΔU перед вылетом пробки. Полностью справиться с этими рассуждениями смогли лишь 7 % участников экзамена, еще 4 % верно записали необходимые законы, но допустили ошибки в математике, 8 % – смогли представить частично верное решение.



На позиции 25 в экзаменационных вариантах встречались задачи высокого уровня сложности по разным темам электродинамики. Средний результат выполнения этих заданий оказался ниже заданий по молекулярной физике и составил 14,3 %. Наиболее успешные решения (около 20 % выполнения) были представлены для задач на движение заряженного тела в электростатическом поле под действием горизонтальной кулоновской сила и вертикальной силы тяжести, а также для группы задач на расчет мощности в цепи постоянного тока. Несколько ниже оказались результаты для группы задач на расчет сил Ампера, действующих на контур в магнитном поле, – 12,5 %. Наибольшие сложности вызвали задачи на движение заряженных тел в магнитном поле, в которых необходимо было интегрировать знания из электродинамики и механики. Приведем пример такого задания.

Пример 19

Маленькое положительно заряженное тело массой m , прикреплённое к невесомой нерастяжимой нити длиной L , может двигаться по окружности в вертикальной плоскости. Система находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции \vec{B} которого перпендикулярен плоскости и направлен так, как показано на рисунке. Модуль наименьшей скорости тела в нижней точке, при которой тело совершает полный оборот по окружности, равен $v_{\text{н}}$. Заряд тела равен q . Найдите модуль вектора индукции магнитного поля.



Здесь верная запись второго закона Ньютона и закона сохранения энергии возможна только при понимании условия минимальности скорости в нижней точке. В верхней точке тело не останавливается, имея некоторую скорость, но сила натяжения нити в этой точке равна нулю. Поэтому второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось в верхней точке: $ma = mg - qv_{\text{в}}B$, где $a = \frac{v_{\text{в}}^2}{L}$ – модуль центростремительного ускорения тела в верхней точке, $v_{\text{в}}$ – скорость тела в верхней точке, L – длина нити. Закон сохранения механической энергии для тела:

$\frac{mv_{\text{н}}^2}{2} = \frac{mv_{\text{в}}^2}{2} + 2mgL$. Сила Лоренца и сила натяжения нити не совершают работу, так как они в каждой точке траектории направлены перпендикулярно скорости. Средний результат выполнения этой задачи составляет 10,3 %. При этом получили 3 балла, представив полностью верные выкладки, лишь 5 %, 3 % участников допустили погрешности в математических преобразованиях и расчетах и получили 2 балла. Еще 10 % смогли лишь частично верно записать основные уравнения.

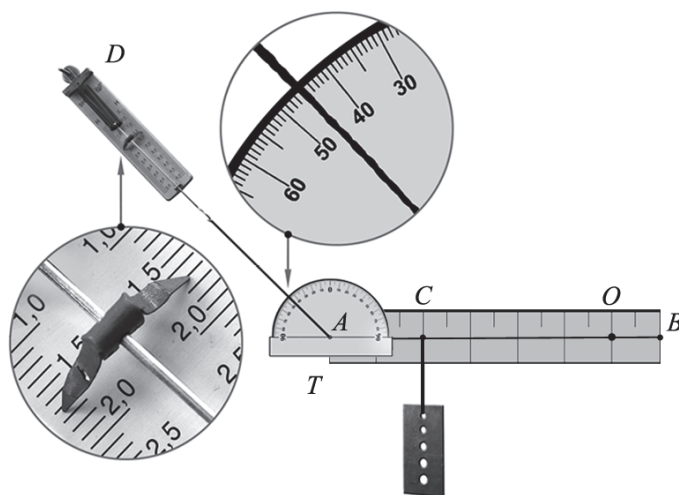
На позиции 26 предлагались преимущественно задачи по статике, а также группа заданий на применение законов сохранения в механике. Эти задачи оценивались максимум в 4 балла, при этом 1 независимый балл отводился на оценку обоснования используемых законов. К сожалению, средний результат выполнения по критерию К1 (обоснование используемых законов) оказался равным 12,4 %, что ниже результатов прошлого года (18 %). Как показывает анализ, для заданий по статике основная часть обоснования, связанная с выбором инерциальной системы отсчета, выбор модели абсолютно твердого тела и обоснование условий равновесия выполнялись вполне успешно. Проблемы возникали с описанием дополнительных условий, связанных с действием сил натяжения нитей или использованием третьего закона Ньютона. Результаты по критерию К1 для задач на применение законов сохранения в механике практически совпадают со средними результатами для заданий по статике.

По критерию К2 средний результат выполнения заданий 26 оказался равным 18,7 %. При этом наблюдается равномерное распределение по возможным баллам. Примером может служить задача о рычаге, к которому подвешены два разных груза. Грузы опускают в воду и для сохранения равновесия изменяют точку подвеса рычага. Для этих задач при среднем результате выполнения, равном 18 %, 1 балл получили 10 % приступивших к решению, работы 9 % были оценены в 2 балла и еще 8 % представили полностью верное решение, получив 3 балла. Такое распределение по баллам показывает, что участники, приступившие к решению задачи, понимали необходимость записи условия равновесия для двух случаев и в целом справились с этим. Типичной ошибкой было неверное определение смещения точки подвеса рычага, что, соответственно, приводило к неверной записи одного из уравнений и получению 1 балла.

Наиболее сложной среди задач по механике оказалась задача по фотографии реального опыта (см. пример ниже).

Пример 20

Однородный рычаг АВ может вращаться без трения вокруг неподвижной оси, проходящей через рычаг в точке О перпендикулярно ему. К левому концу рычага в точке А прикреплена нить, за которую с помощью динамометра D рычаг неподвижно удерживается в горизонтальном положении. Нить составляет с вертикалью угол, который можно измерить с помощью транспортира Т. Показания динамометра (в ньютонах) и транспортира (в градусах) видны на фотографии. К точке С с помощью другой невесомой нерастяжимой нити подвешена стальная пластина (см. фотографию). Рычаг, пластина, нить и динамометр расположены в вертикальной плоскости. Массами транспортира и нитей пренебречь.

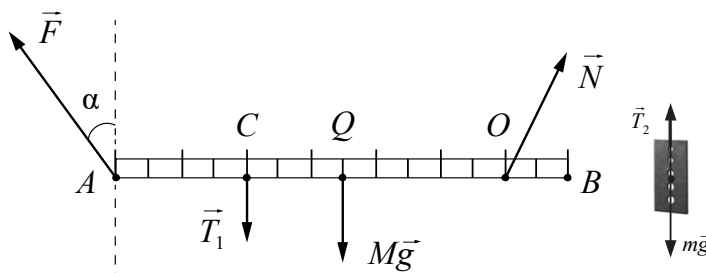


Определите массу стальной пластины, если рычаг имеет массу 50 г. Сделайте рисунок, на котором укажите все силы, действующие на рычаг и пластину.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

В обосновании к этой задаче, кроме стандартных пунктов выбора ИСО, модели твердого тела и условия равновесия твердого тела относительно вращательного движения, необходимо было указать, что пластину можно описать моделью материальной точки, для нее справедливо условие равновесия материальной точки и то, что нить, соединяющая рычаг и пластину, невесома, поэтому модуль силы натяжения нити в любой ее точке один и тот же. Полностью справились с обоснованием лишь 10 % участников.

Другой сложностью стал рисунок с указанием сил, который требовался для полного решения.



Здесь два тела, поэтому должны быть указаны силы, действующие на рычаг и пластину. Типичной ошибкой было неверное указание силы реакции опоры \vec{N} , приложенной в точке O. Для проведения расчетов нужно было снять показания динамометра и транспортира, а также использовать расстояния в условных единицах, поскольку размеры рычага в условии не приводились. Лишь 9,5 % участников смогли справиться с этим сложностями и представить физически верное решение задачи.

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 группами 1 и 2 выбирается минимальная граница (36 тестовых баллов). Все тестируемые, не достигшие минимальной границы, выделяются в группу с самым низким уровнем подготовки. Группа 2 соответствует диапазону от минимальной границы до 60 баллов, в первичных баллах это соответствует выполнению заданий базового уровня сложности. Далее следует группа 3 – от 61 до 80 баллов. В этом диапазоне баллов необходимо показать устойчивое выполнение заданий повышенного уровня сложности. Для группы 4 (от 81 до 100 баллов) характерно наличие системных знаний и овладение комплексными умениями.

На рис. 3 представлена диаграмма, демонстрирующая распределение по группам подготовки в 2025 г.



Рис. 3.

На рис. 4 показаны результаты выполнения заданий с кратким и развернутым ответами участниками экзамена с разным уровнем подготовки.

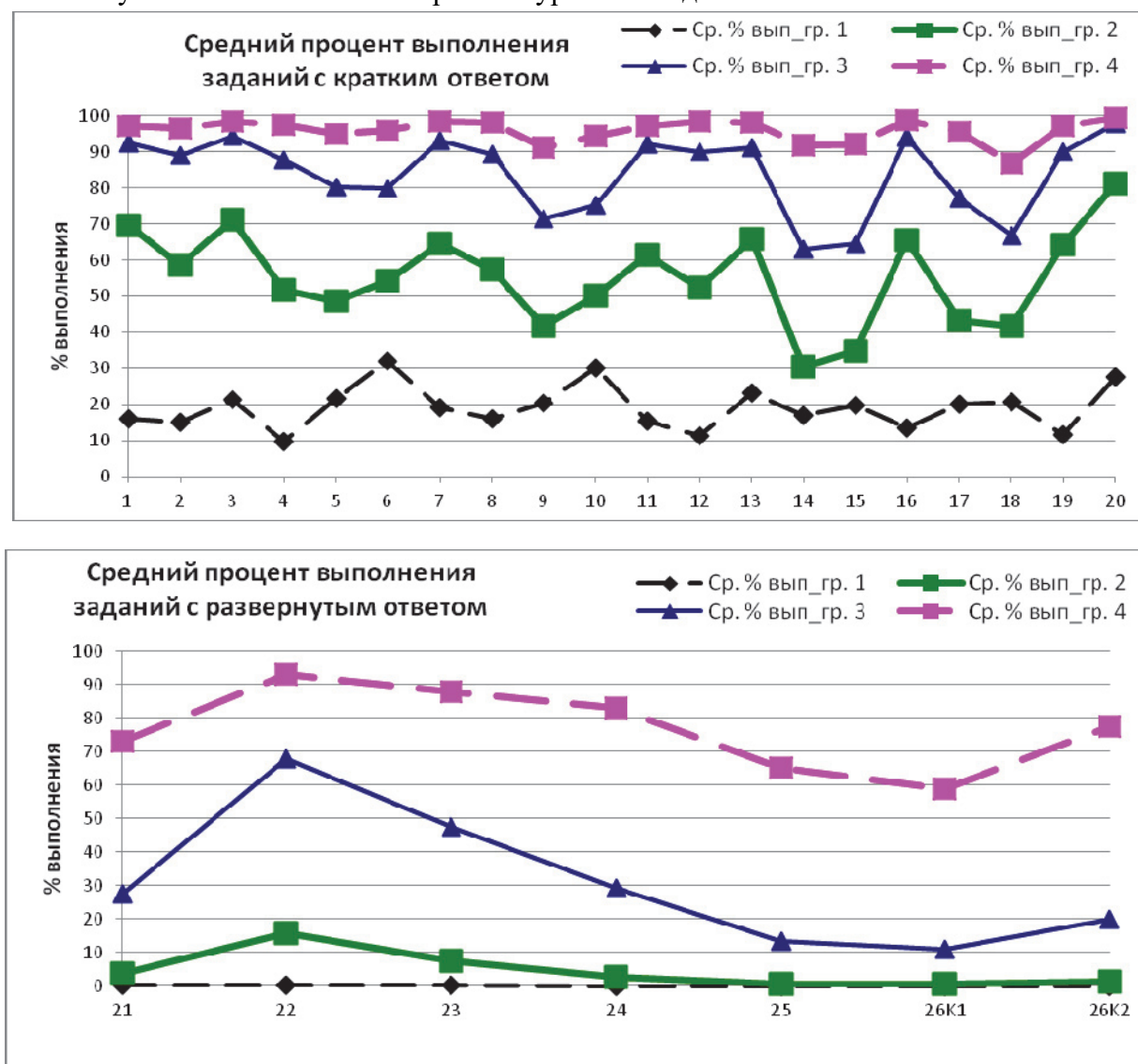


Рис. 4. Результаты выполнения заданий экзаменационной работы участниками экзамена с разным уровнем подготовки

Группа 1 по уровню подготовки составляет 3,5 % от общего числа участников экзамена. Экзаменуемые из этой группы получили по итогам выполнения экзаменационной работы от 0 до 7 первичных баллов. Средний результат выполнения заданий базового уровня составил для этой группы 19,1 %, заданий повышенного уровня – 10,0 %. Участники, относящиеся к данной группе, не продемонстрировали достижения каких-либо предметных результатов обучения и освоения каких-либо элементов содержания. Более успешно эти выпускники выполняют задания базового уровня сложности на определение проекции ускорения по графику зависимости проекции скорости от времени, применение закона сохранения механической энергии для свободного падения, определение коэффициента трения, определение действительного изображения предмета в собирающей линзе, определение заряда неизвестного элемента ядерной реакции. Кроме того, около трети участников данной группы верно выполнили задания на выбор оборудования для проведения опытов из таблицы с характеристиками элементов оборудования. В целом более успешно эта группа участников экзамена выполняет те задания, содержание которых изучается как в основной, так и в старшей школе.

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

Пример 21

При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $\vec{F}_{\text{тр}}$ от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры \vec{N} были получены следующие данные.

$F_{\text{тр}}, \text{ Н}$	10	15	20	25
$N, \text{ Н}$	40	60	80	100

Определите по результатам исследования коэффициент трения скольжения.

Ответ: _____ 0,25 _____.

Группа 2 по уровню подготовки составляет 43,8 % от общего числа участников. К этой группе относятся участники экзамена, получившие в первичных баллах от 8 до 21 баллов. Результаты выполнения заданий базового уровня составили в среднем 58,1 %, для заданий повышенного уровня этот показатель – 24,6 %, для заданий высокого уровня сложности – 1,6 %. Данная группа демонстрирует освоение содержания курса физики средней школы на базовом уровне сложности.

Участники из этой группы освоили значимую часть предметных результатов, проверяемых заданиями базового уровня сложности: определять ускорение равноускоренного движения по графику зависимости проекции скорости от времени; определять путь, пройденный телом при равномерном и равноускоренном движения и по графику зависимости проекции скорости от времени; вычислять значение физической величины с использованием изученных законов и формул в типовой учебной ситуации: второй закон Ньютона, сила трения, закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии, правило равновесия рычага, кинетическая энергия, скорость звука, основное уравнение МКТ, уравнение состояния идеального газа, первый закон термодинамики, КПД тепловой машины, удельная теплоемкость вещества, закон Кулона, заряд, протекающий через поперечное сечение проводника, закон Ома, мощность тока, энергия магнитного поля катушки с током, сила Лоренца, закон Фарадея, период свободный электромагнитных колебаний в колебательном контуре, закон отражения света, закон радиоактивного распада.

Эта группа овладела умениями: определять изображения в собирающей линзе, состав атомного ядра и массовое и зарядовое числа ядер в ядерных реакциях;

анализировать характер изменения физических величин для следующих процессов и явлений: плавание тел, движение тела по наклонной плоскости, движение тела, брошенного под углом к горизонту, движение тела по окружности; определять изменение параметров газов в изопроцессах в идеальном газе, в том числе представленных при помощи графика; определять изменение парциального давления в смеси газов; определять изменение сопротивления реостата в цепи постоянного тока; записывать показания измерительных приборов (динамометр, термометр, барометр, амперметр, вольтметр) с учетом погрешности измерений; выбирать недостающее оборудование для проведения косвенных измерений из предложенного перечня и экспериментальную установку для проведения исследования.

Ниже приведен пример одного из заданий на комплексный анализ физических процессов, с которым справилось более половины участников из данной группы.

Пример 22

Постоянная масса одноатомного идеального газа в изохорном процессе отдаёт количество теплоты $Q > 0$. Как меняются в этом процессе объём и внутренняя энергия газа? 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>Объём газа</i>	<i>Внутренняя энергия газа</i>
<i>3</i>	<i>2</i>

Экзаменуемые из данной группы показали низкие результаты для заданий базового уровня на знание основных теоретических сведений курса физики и недостаточное владение на базовом уровне отдельными элементами содержания молекулярной физики и электродинамики.

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. Для этой группы участников характерно освоение содержания курса физики как на базовом, так и на повышенном уровнях сложности. Средний результат выполнения заданий базового уровня составляет 86,1 %, повышенного уровня – 59,6 %, высокого уровня – 20,8 %.

Данная группа продемонстрировала системное освоение курса физики на базовом уровне. В том числе, дополнительно к предыдущей группе отмечены высокие результаты для вычисления значений физической величины с использованием изученных законов и формул в типовой учебной ситуации: закон всемирного тяготения, закон Гука, период свободных колебаний математического маятника, зависимость средней кинетической энергии теплового движения молекул от температуры, удельная теплота плавления, удельная теплота парообразования, работа газа, магнитный поток; для анализа характера изменения физических величин для следующих процессов и явлений: изменение объема насыщенного пара, движение заряженной частицы в магнитном поле, явление фотоэффекта; для установления соответствия между процессами излучения и поглощения света атомом и энергетическими переходами атома. Около 70 % участников из данной группы выполняют задания на воспроизведение основных теоретических сведений по всем разделам курса физики (определения понятий и физических величин, формулировки

законов, знание зависимости физических величин, описание физических моделей, знание свойства процессов и явлений).

Данной группой в целом продемонстрировано освоение предметных умений на повышенном уровне сложности, в том числе интерпретировать графики, отражающие зависимость физических величин, характеризующих свободные колебания математического маятника, свободные электромагнитные колебаний в колебательном контуре; проводить комплексный анализ физических процессов: равноускоренное движение, представленное в виде графика зависимости координаты от времени, сравнение равноускоренного и равномерного движения, представленного в виде графиков зависимости координаты от времени, сравнение двух равноускоренных, представленных в виде графиков зависимостей скорости от времени, движение бруска по шероховатой поверхности, колебания математического маятника, колебания пружинного маятника, плавание тел; изменение агрегатных состояний вещества, представленное в виде графика зависимости температуры от времени нагревания, цикл изопроцессов, представленных в виде графиков, свойства ненасыщенного и насыщенного паров, свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре.

Группа 3 показала хорошие результаты и для решения расчетных задач повышенного уровня сложности: средний процент выполнения – 57 %. Более половины участников данной группы успешно справились с задачами на применение закона сохранения импульса, уравнения Клапейрона–Менделеева, первого закона термодинамики, на расчет изображений в линзах.

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

Пример 23

В закрытом сосуде находится одноатомный идеальный газ, масса которого 12 г, а молярная масса 0,004 кг/моль. В начале опыта давление в сосуде равно $4 \cdot 10^5$ Па при температуре 400 К. После охлаждения газа давление понизилось до $2 \cdot 10^5$ Па. Какое количество теплоты отдал газ в ходе опыта? Стенки сосуда считать прочными и теплопроводимыми.

У группы 3 обнаружен дефицит навыков решения качественных задач повышенного уровня сложности (средний результат выполнения – 28 %), ряда расчетных задач повышенного уровня сложности и всего спектра расчетных задач высокого уровня сложности.

Экзаменуемые, относящиеся к группе 4, получили по результатам выполнения экзаменационной работы от 36 до 45 первичных баллов. Группа 4 демонстрирует освоение всех проверяемых предметных результатов и всех элементов содержания. Средний результат выполнения заданий базового уровня составляет 96,5 %, повышенного уровня – 88,6 %, высокого уровня – 75,1 %.

Для части 1 экзаменационной работы характерно выполнение почти всех заданий с результатом выше 90 % выполнения. Исключение составляют задания теоретического характера на знание определений, законов и т.п. (87 %). Дополнительно к предыдущей группе участниками группы 4 продемонстрировано успешное выполнение заданий повышенного уровня сложности на комплексный анализ физических процессов: изменение давления газа в изопроцессах в зависимости от средней кинетической энергии теплового движения молекул, взаимодействие двух неподвижных точечных зарядов, изменение емкости конденсатора при изменении расстояния между его пластинами, возникновение индукционного тока в катушке при изменении тока в катушке на том же сердечнике; а также решение расчетных задач повышенного уровня сложности

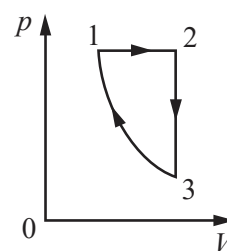
на применение свойств насыщенного пара, расчет средней квадратичной скорости молекул газа, применение формулы дифракционной решетки.

Среди задач повышенного уровня сложности качественные задачи выполнены в среднем с результатом 73 %, а расчетные – 90 %. Среди заданий высокого уровня сложности наиболее успешными оказались расчетные задачи по молекулярной физике и механике.

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

Пример 24

Один моль одноатомного идеального газа совершает цикл $1-2-3-1$, состоящий из изобары ($1-2$), изохоры ($2-3$) и адиабаты ($3-1$) (см. рисунок). Абсолютная температура газа в состояниях 1, 2 и 3 равна 400 К, 800 К и 252 К соответственно. Определите коэффициент полезного действия теплового двигателя, работающего по этому циклу.



Представленный выше анализ результатов выполнения заданий КИМ ЕГЭ по физике демонстрирует достижения и дефициты в овладении предметными результатами и 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.

Как видно из спецификации КИМ ЕГЭ по физике 2026 г., в следующем году на позиции 21 приоритет будет отдаваться качественным задачам по молекулярной физике с использованием различных графиков изопроцессов, на позиции 25 будут представлены задачи высокого уровня сложности по геометрической оптике. Соответственно, на позиции 22 будут преимущественно задачи по механике, а на позиции 23 – по электродинамике. На позиции 26 могут приоритетными будут задачи по динамике, но могут встретиться задания по статике и законам сохранения в механике.

Остановимся на особенностях решения этих задач, на которые необходимо обратить внимание в процессе обучения.

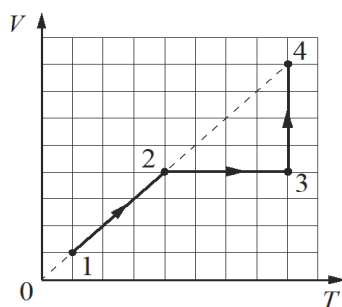
Качественные задачи на изопроцессы с использованием графиков можно разделить на три группы:

- 1) анализ вида графика и определение изменения параметров газа (давления, объема, абсолютной температуры или внутренней энергии), не отраженных на графике;
- 2) 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);
- 3) перестроение предложенного графика из одних координат в другие (для координат $p-V$ еще и сравнение работ газа на разных участках).

Пример задания первой группы приведен ниже.

Пример 25

На VT -диаграмме показано, как изменялись объём и абсолютная температура некоторого постоянного количества одноатомного разреженного газа при его переходе из начального состояния 1 в состояние 4. Как при этом изменялись давление газа p на каждом из трёх участков: $1-2$, $2-3$, $3-4$ (увеличивались, уменьшались или же оставались постоянными)? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



Для определения изменения указанного в задании параметра (или параметров) необходимо указать, какому изопроцессу соответствует каждый участок графика, и объяснить, почему можно сделать такой вывод. Следует отметить два момента, которые снижают результативность выполнения этих заданий.

1. Вид графика.

- График может быть представлен в схематичном виде. В этом случае можно говорить просто про изменение величин: уменьшается, увеличивается, не изменяется.
- График может быть представлен с учетом указания координат параметров начала и конце каждого изопроцесса или с учетом сетки на графике, при помощи которой определяется, во сколько раз изменяются величины, соответствующие координатам графика. В этом случае нужно говорить об изменении величин с учетом предложенных значений, т.е. изменяется во сколько-то раз.

2. Способ объяснения.

- Для объяснения можно использовать газовые законы, в этом случае нужно записывать соответствующий закон для каждого участка графика и не ошибаться в названиях законов (если они используются). Можно использовать уравнение Клапейрона–Менделеева; в этом случае достаточно один раз записать соответствующую формулу и обязательно указать, какие параметры не изменяются (как правило, это количество вещества).
- Для изопроцессов, аналогичных 1–2 на графике, в примере обязательно нужно дополнительное обоснование о том, что график процесса лежит на прямой, проходящей через начало координат, поэтому соответствует такому-то изопроцессу по такому-то закону.

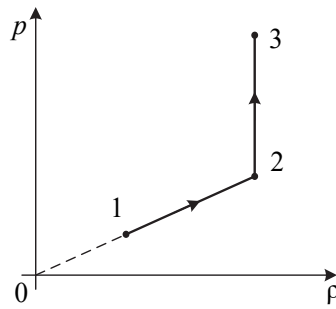
Для задания из примера 25 рассуждения будут выглядеть следующим образом.

1. Из уравнения Клапейрона – Менделеева $pV = \nu RT$ следует, что на участке 1–2 процесс является изобарным, поскольку график процесса 1–2 лежит на прямой, проходящей через начало координат ($V = \frac{\nu R}{p} T, \nu = \text{const}$); следовательно, давление газа остается постоянным.
2. На участке 2–3 процесс является изохорным, $V = \text{const}, \nu = \text{const}$. Так как абсолютная температура газа увеличивается, значит, и давление газа увеличивается.
3. На участке 3–4 процесс является изотермическим ($T = \text{const}, \nu = \text{const}$). Объем газа увеличивается, значит, давление газа уменьшается.

Приведем пример задания второй группы.

Пример 26

Постоянное количество одноатомного идеального газа участвует в процессе, график которого изображён на рисунке в координатах $p - \rho$, где p – давление газа, ρ – плотность газа. Определите, получает газ теплоту или отдаёт в процессах 1–2 и 2–3. Ответ поясните, опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики.



Достаточно часто в таких заданиях предлагаются графике не в стандартных координатах давление – объем – температура, а в величинах, связанных с этими параметрами: концентрация молекул или плотность газа вместо объема, внутренняя энергия или средняя кинетическая энергия теплового движения молекул вместо абсолютной температуры. Поэтому первый шаг – это приведение к стандартным величинам с обязательной ссылкой на соответствующую формулу. Для задания из примера 26 необходимо указать: плотность газа $\rho = \frac{m}{V}$, где m – масса газа, V – его объем,

тогда в соответствии с уравнением Клапейрона – Менделеева $p = \frac{\rho RT}{\mu}$.

Следующий шаг – это ссылка на первый закон термодинамики и формулу для внутренней энергии идеального одноатомного газа. По первому закону термодинамики количество теплоты, которое газ получает, равно сумме изменения его внутренней энергии ΔU и работы газа A : $Q = \Delta U + A$. Для идеального одноатомного газа внутренняя энергия $U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT$, где μ – молярная масса газа, $m = \text{const}$.

Далее необходимы рассуждения о каждом участке графика, указание на соответствующий изопроцесс, определение работы газа, изменения внутренней энергии и количества теплоты. Для приведенного выше примера должно быть указано следующее.

1. На участке 1–2 плотность газа увеличивается прямо пропорционально его давлению, значит, согласно уравнению Клапейрона – Менделеева $p = \frac{\rho RT}{\mu}$ происходит изотермическое сжатие газа. Объем уменьшается, газ сжимают, следовательно, работа газа отрицательна: $A < 0$. Внутренняя энергия газа остается неизменной: $\Delta U = 0$. По первому закону термодинамики $Q < 0$. В этом процессе газ отдает некоторое количество теплоты в окружающую среду.
2. Так как на участке 2–3 плотность газа не изменяется, его объем постоянен (изохорный процесс), значит, работа газа $A = 0$. В этом процессе давление газа растет, согласно уравнению Клапейрона – Менделеева температура газа также растет, т.е. его внутренняя энергия увеличивается: $\Delta U > 0$. Значит, $Q > 0$, и газ в этом процессе получает некоторое количество теплоты.

Последний тип заданий – перестроение графиков (см. пример ниже).

Пример 27

На рис. 1 приведена зависимость внутренней энергии U 1 моль идеального одноатомного газа от его объема V в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса в переменных p – V (p – давление газа). Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на рис. 2. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

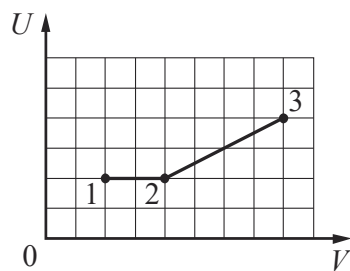


Рис. 1

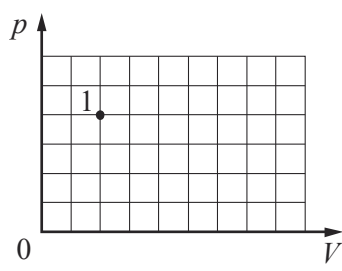


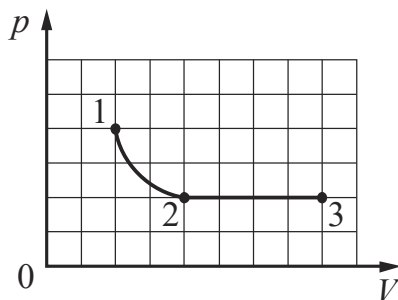
Рис. 2

В задачах такого типа всегда используются графики с учетом указания координат параметров в явном виде или при помощи сетки на графике. К ним применимы все те рекомендации, которые были даны выше. Дополнением могут служить следующие рекомендации.

- В процессе рассуждений необходимо описывать, во сколько раз меняются искомые параметры, а не ограничиваться только указанием этого на графике в ответе.
- Целесообразно в случае гиперболы указывать в рассуждениях вид графика. К сожалению, не всегда в графике, который является ответом, можно четко прорисовать такую кривую.

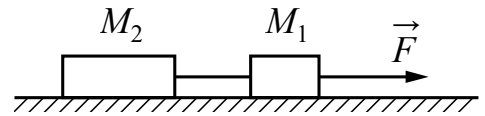
Для задания из примера 27 решение может быть следующим.

1. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа пропорциональна его абсолютной температуре: $U = \frac{3}{2} \nu RT$.
2. На участке 1–2 температура газа не меняется, происходит изотермическое расширение, давление в этом процессе в соответствии с законом Бойля – Мариотта ($p_1 V_1 = p_2 V_2$) уменьшается в 2 раза. В координатах p – V график является гиперболой.
3. На участке 2–3 внутренняя энергия, а также температура пропорциональны объему, процесс при постоянном количестве вещества согласно уравнению Клапейрона – Менделеева ($pV = \nu RT$) является изобарным расширением, давление в нем не меняется, а объем в соответствии с графиком на рис. 1 увеличивается в 2 раза. В координатах p – V график является отрезком горизонтальной прямой.
4. Ответ:

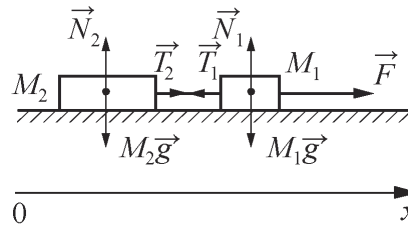


Приведем несколько рекомендаций по решению задач по механике повышенного уровня сложности, которые включены в КИМ ЕГЭ на позиции 22. Как правило, это достаточно простые расчетные задачи, в решении которых используется один–три закона или формулы. В отличие от задач высокого уровня сложности на позиции 26, здесь не требуются в обязательном порядке рисунки с указанием сил или обоснование используемых законов. Однако в задачах по динамике и статике без рисунков не обойтись. В этих случаях рисунки играют роль описания всех величин, которые используются при решении задачи. Если не приведен рисунок, то по требованиям к полному верному ответу должны быть словесные описания для всех сил, входящих во второй закон Ньютона или в условия равновесия для ситуации конкретной задачи.

Например, для стандартной ситуации движения тел, связанных невесомой и нерастяжимой нитью, целесообразно указать, что поскольку нить нерастяжима и невесома, то оба груза движутся с одинаковым ускорением, и модули сил натяжения нити, действующих на грузы, также одинаковы, т.е. $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a$, $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$. Запись одинакового ускорения для обоих тел во втором законе Ньютона без этого условия некорректна.



На рисунке, как это и требуется по стандартному алгоритму решения таких задач, необходимо указание на выбор системы отсчета:



Только после этого можно записывать второй закон Ньютона в проекциях на выбранную ось.

Приведем пример задачи на закон сохранения импульса.

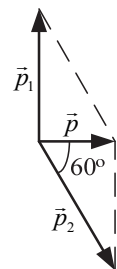
Пример 28

Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Один из осколков летит под углом 90° к первоначальному направлению. Под каким углом к этому направлению полетит второй осколок, если его масса 1 кг, а скорость 400 м/с?

Задания такого типа решаются исходя из геометрических соображений, но нельзя забывать о том, что сначала должен быть записан закон сохранения импульса в векторном виде, который в данном случае играет роль исходного уравнения. При его отсутствии даже при верном ответе нельзя получить за решение задачи даже минимальный балл.

Поэтому решение должно содержать:

- 1) закон сохранения импульса: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$;
- 2) рисунок, приведенный справа: векторы импульсов снаряда до взрыва и осколков после взрыва образуют прямоугольный треугольник;
- 3) указание, что из геометрических соображений $p = p_2 \cdot \cos \alpha$;
следовательно, $Mv = m_2 v_2 \cdot \cos \alpha$;
- 4) преобразования и ответ.



Остановимся на особенностях представления решений задач по геометрической оптике, в которых основным элементом является верный рисунок с указанием хода лучей в оптической системе. Здесь, как правило, используется два основных типа заданий:

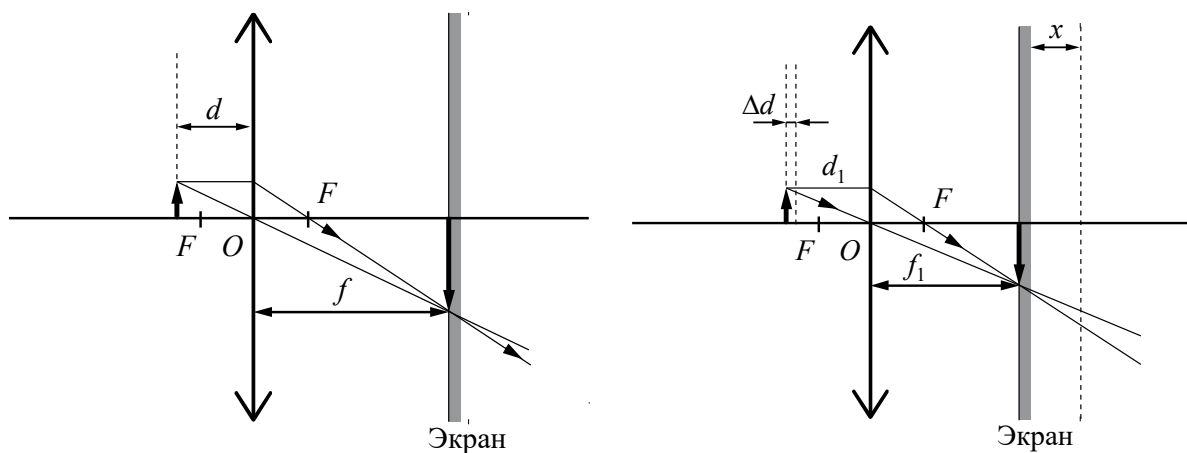
- рассматривается стандартный точечный источник или «плоский» источник, перпендикулярный главной оптической оси линзы, и какие-либо изменения (передвинули источник, раздвинули линзу, повернули линзу и т.п.) положения изображения;
- рассматривается предмет, имеющий размеры вдоль главной оптической оси, для изображения которого нужно найти какие-либо параметры (например, площадь изображения).

Приведем пример задания первого типа.

Пример 29

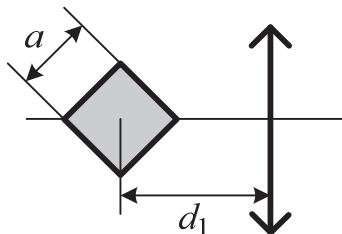
Линза, фокусное расстояние которой 30 см, даёт на экране резкое изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран пододвинули к линзе вдоль её главной оптической оси. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет на 3 см так, чтобы изображение снова стало резким. На какое расстояние сдвинули экран относительно его первоначального положения? Сделайте рисунок построения изображений в линзе с указанием хода лучей.

В таких задачах необходимо представить два рисунка: для начального и конечного положений предмета. Рисунки должны соответствовать ситуации задачи. Это не означает, что для задачи из примера нужно обязательно построить изображение предмета с пятикратным увеличением, но на рисунке должно быть четко видно, что для действительного увеличенного изображения предмет должен находиться между фокусом и двойным фокусом. На втором рисунке эксперт должен увидеть понимание того факта, что при приближении экрана предмет нужно отодвинуть от линзы. На рисунках должны быть обозначены все расстояния, которые затем используются в формуле линзы или геометрических соотношениях.



Пример 30

Квадрат со стороной $a = 10$ см лежит в плоскости главной оптической оси тонкой собирающей линзы с оптической силой $D = 2$ дптр так, что одна из его диагоналей перпендикулярна главной оптической оси линзы (см. рисунок). Расстояние от центра квадрата до плоскости линзы $d_1 = 1$ м. Определите площадь изображения квадрата в линзе. Сделайте рисунок, на котором постройте изображение квадрата в линзе, указав ход всех необходимых для построения лучей.



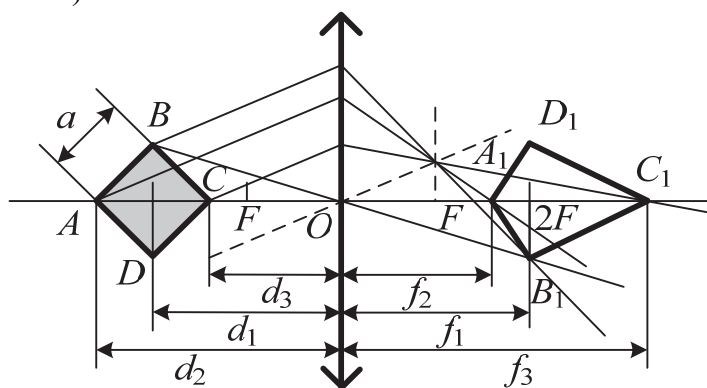
В задачах второго типа крайне сложным для участников экзамена является построение изображения. К сожалению, значимая часть приступающих к решению не понимает, что существуют продольные искажения, и пытаются построить изображение квадрата в виде квадрата.

Требований к выбору лучей, при помощи которых строится изображение, нет. Однако стоит придерживаться данных ниже рекомендаций.

- Можно не строить лучи для предметов, находящихся на двойном фокусном расстоянии, сразу указывая их изображение на том же расстоянии от линзы, но необходимо словесное указание на факт равенства этих расстояний при этом условии.
- Для точек, находящихся на главной оптической оси (или в других случаях, когда это необходимо), нужно пользоваться построением изображения точки при помощи побочной оптической оси.
- Желательно оптимизировать количество лучей, при помощи которых можно получить изображение предмета, не загромождать построение лишними лучами.

Для задачи из примера 30 изображение строится следующим образом.

1. Проведем три параллельных луча через вершины A , B и C квадрата, а также параллельную им побочную оптическую ось. Проведенные лучи после преломления линзой пересекаются в одной точке, лежащей в фокальной плоскости. Точки пересечения с главной оптической осью линзы двух преломленных лучей дадут изображения A_1 и C_1 точек A и C квадрата.
2. Для получения изображения точки B необходимо построить еще одну побочную ось, которая пересекает третий преломленный луч и дает изображение B_1 . В силу симметрии предмета относительно главной оптической оси его изображение также будет симметричным. (Поскольку точки B и D находятся на двойном фокусном расстоянии, то это построение можно не проводить, сделать соответствующее словесное указание.)



Напомним, что задачи на изображения в линзах могут решаться через формулы из кодификатора (формулу линзы и формулу для увеличения линзы), а могут – из геометрических соображений. Для последнего способа очень важно четкое указание на рисунке всех используемых расстояний, описания подобных треугольников и т.п.

Отметим, что в 2026 г. структура КИМ ЕГЭ по физике останется без изменений, никаких дополнительных элементов содержания в заданиях части 1 не вводится. Тематика заданий части 2 описана выше.

**Основные результаты выполнения экзаменационной работы ЕГЭ 2025 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	80,4
2	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	1.2.4, 1.2.7, 1.2.8	Б	1	74,1
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	82,2
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	70,5
5	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики	3	1	П	2	66,2
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	69,2
7	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	2.1.8–2.1.10, 2.1.12	Б	7	78,8
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	74,0

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

9	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики	3	2	П	9	59,4
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	65,2
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	76,7
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	71,9
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	78,7
14	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики	3	3	П	2	51,1
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	53,7
16	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	4.2.1, 4.3.1–4.3.4	Б	1	79,3
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	62,8
18	Правильно трактовать физический смысл изученных физических величин, законов и закономерностей	2	1–4	Б	2	56,9
19	Определять показания измерительных приборов	7	1–3	Б	1	77,0
20	Планировать эксперимент, отбирать оборудование	7	1–4	Б	1	88,2
21	Решать качественные задачи, использующие типовые учебные ситуации с явно заданными физическими моделями	6	1–3	П	3	22,3

22	Решать расчетные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул из одного раздела курса физики	5	1, 2	П	2	46,0
23	Решать расчетные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул из одного раздела курса физики	5	2, 3	П	2	33,7
24	Решать расчетные задачи с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики	5	2	В	3	23,8
25	Решать расчетные задачи с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики	5	3	В	3	14,3
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 – 12,4 K2 – 18,7