



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 2024 года**

**по ФИЗИКЕ**

Москва, 2024

В контрольные измерительные материалы ЕГЭ 2024 г. по физике было включено 26 заданий, оценивающих уровень освоения основных предметных результатов и элементов содержания школьного курса физики в соответствии со ФГОС среднего общего образования. В КИМ были представлены задания, проверяющие следующие группы 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.

Количество заданий, проверяющих каждый из предметных результатов, определялось вкладом этого результата в реализацию требований стандарта и количеством содержательных элементов в курсе физики средней школы, на базе которых разрабатывались задания для оценки данного предметного результата. 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. В первой части 8 заданий 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 2 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, 6 заданий повышенного и 3 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. Максимальный балл за выполнение заданий базового уровня составлял 49 % максимального балла за всю работу, повышенного уровня – 29 %, высокого уровня – 22 %.

Экзаменационная работа проверяла элементы содержания четырех 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 всем разделам курса физики: 6 заданий по механике, 4 задания по молекулярной физике, 5 заданий по электродинамике и 2 задания по квантовой физике. В начале каждого блока предлагались задания с кратким

ответом в виде числа, затем – задания на множественный выбор утверждений и задание на соответствие. После 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 на выбор оборудования для проведения исследования по заданной в условии гипотезе. Максимальный балл за выполнение заданий 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 и содержание КИМ ЕГЭ по физике в 2024 г. были внесены изменения по сравнению с предыдущим годом. Был введен новый кодификатор, в который вошли не все элементы содержания, представленные в перечне дидактических единиц, входящих в новую программу по физике для 10–11 классов с углубленным изучением физики. Кроме того, отдельные элементы содержания были удалены из кодификатора. Так, из раздела «Механика» удалены пункты «Твердое тело. Поступательное и вращательное движение твердых тел», «Первая космическая скорость», «Вторая космическая скорость»; полностью удален раздел «Основы СТО»; из раздела «Квантовая физика» удалены пункты «Волновые свойства частиц. Волны Де Бройля», «Дифракция электронов на кристаллах»; «Лазер»; «Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы»; «Дефект масс ядра». Для заданий базового уровня с кратким ответом в виде числа был сокращен спектр проверяемых элементов содержания, для каждой линии заданий осталось от трех до шести проверяемых элементов. Например, в линии 2 по динамике проверялись только следующие элементы: второй закон Ньютона, сила трения и сила упругости.

Общее количество заданий было сокращено с 30 до 26. При этом в части 1 работы удалены 3 задания: интегрированное задание на распознавание графических зависимостей и 2 задания на определение соответствия формул и физических величин по механике и электродинамике. Одно из заданий с кратким ответом в виде числа в части 1 работы было перенесено из раздела «МКТ и термодинамика» в раздел «Механика». По механике общее количество заданий в части 1 осталось неизменным, а по молекулярной физике сократилось до 4 заданий. Таким образом, в каждом тематическом блоке части 1 осталось по 2 задания, рассчитанных на 2 балла: задание повышенного уровня сложности на множественный выбор и задание на соответствие (либо на изменение величин в каком-либо физическом процессе, либо на определение вида графиков, характеризующих изменения величин в каком-либо процессе).

В части 2 работы удалено одно из заданий высокого уровня сложности (расчетная задача). Произошло и изменение тематического распределения задач: были исключены задания по квантовой физике, по остальным разделам в части 2 было представлено по 2 задания.

Максимальный балл за выполнение всех заданий работы уменьшился с 54 до 45 баллов по сравнению с предыдущим годом. Общее время выполнения работы осталось прежним – 235 мин.

Число участников основного периода ЕГЭ по физике в 2024 г. составило около 91 тыс. человек.

Средний балл ЕГЭ по физике (63) в 2024 г. оказался существенно выше прошлых лет. Соответственно, изменилось распределение участников экзамена по тестовым баллам и по уровням подготовки: уменьшилась доля участников, получивших результаты в диапазоне низких баллов, и значительно возросли доли выпускников с повышенным уровнем (61–80 баллов) и высоким уровнем (81–100 баллов) подготовки.

Минимальный балл ЕГЭ по физике в 2024 г. составил 8 первичных / 36 тестовых баллов. В 2024 г. доля участников экзамена, не преодолевших минимального балла, составила около 3 %, что вдвое ниже показателей прошлых лет.

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

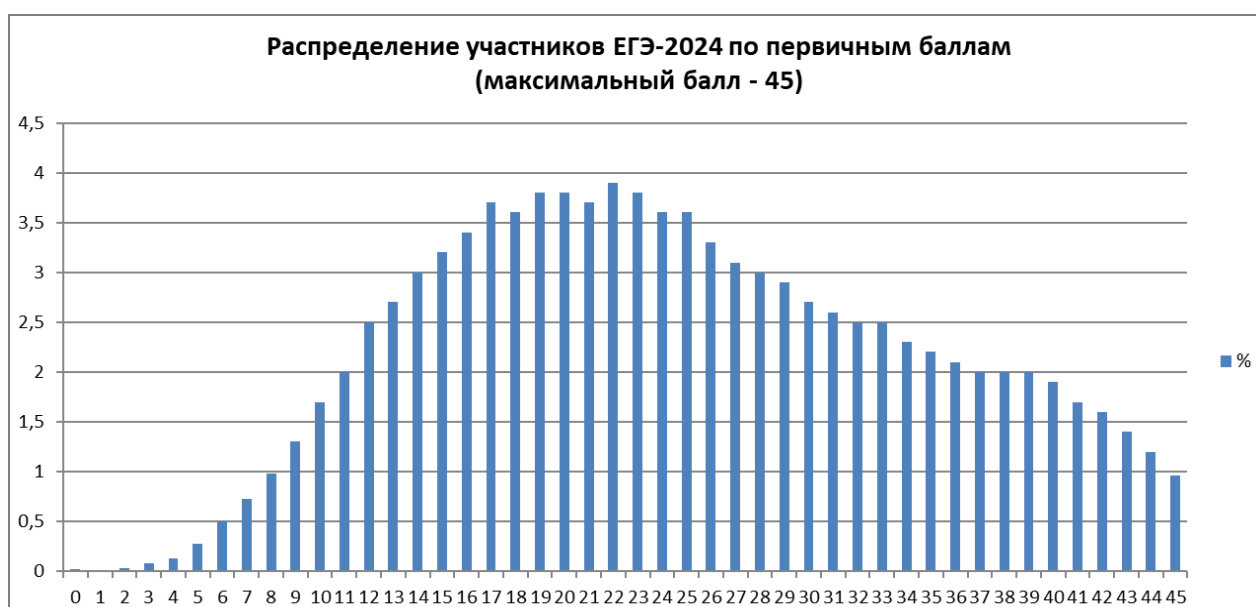


Рис. 1

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

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

Таблица 1

Способы действий	Средний % выполнения по группам заданий	
	2023 г.	2024 г.
Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях	67,6	80,8
Анализ и объяснение явлений и процессов	65,7	64,7
Методологические умения	77,3	83,8
Решение задач	19,6	28,7

На уровне прошлого года продемонстрированы результаты выполнения заданий на анализ физических процессов, включая комплексный анализ процессов, анализ изменения физических величин и определение вида графиков, характеризующих изменение физических величин в различных процессах. Значительный рост результатов выполнения, как уже было отмечено выше, наблюдается для заданий на применение законов и формул в типовых учебных ситуациях по всем разделам школьного курса физики. Впервые зафиксированы столь высокие результаты решения задач. Наиболее вероятной причиной стало уменьшение количества задач в части 2 работы при сохранении общего времени выполнения экзамена; это позволило участникам экзамена более детально отнестись к оформлению решений и выбрать оптимальные пути решений, что уменьшило количество математических ошибок.

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

Таблица 2

Раздел курса физики	Средний % выполнения по группам заданий	
	2023 г.	2024 г.
Механика	58,5	60,6
МКТ и термодинамика	59,1	60,1
Электродинамика	55,5	56,6
Квантовая физика	47,5	77,3

Результаты по квантовой физике сравнивать, к сожалению, нельзя, так как в предыдущем периоде в этом разделе были представлены задания базового и высокого уровней сложности, а в текущем году – только задания базового уровня. Но можно утверждать, что на базовом уровне для этого раздела результаты повысились. По механике, молекулярной физике и электродинамике наблюдается незначительный рост результатов. Положительная динамика прослеживается прежде всего для заданий с кратким ответом базового уровня сложности. Скорее всего, здесь сказалось изменение структуры работы (исключение заданий на распознавание формул) и уменьшение перечня элементов содержания, проверяемых этими заданиями. Обучающиеся со слабой подготовкой смогли сосредоточиться на изучении наиболее важных элементов содержания курса физики средней школы.

В таблице 3 представлены результаты выполнения работы по группам заданий различного уровня сложности, а также результаты для групп экзаменуемых с различным уровнем подготовки в 2023 и 2024 гг.

Таблица 3

Группы заданий различного уровня сложности	Средний % выполнения		Средний % выполнения для групп экзаменуемых с различным уровнем подготовки в 2024 г.			
	2023 г.	2024 г.	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Базового уровня	67,9	77,0	20,9	60,9	86,6	96,6
Повышенного уровня	50,0	48,1	9,4	23,3	57,0	89,2
Высокого уровня	14,3	20,9	0,06	1,3	19,4	72,5

По сравнению с прошлым годом на прежнем уровне зафиксированы результаты выполнения заданий повышенного уровня. При этом наблюдается значительный рост средних процентов выполнения заданий базового и высокого уровней сложности. Для заданий базового уровня сложности положительная динамика отмечена прежде всего за счет повышения показателей групп со слабой учебной подготовкой, а для заданий

высокого уровня сложности – за счет групп участников с повышенным уровнем подготовки.

Анализ результатов выполнения заданий участниками с различным уровнем подготовки показывает четкую дифференциацию групп участников экзамена по успешности выполнения заданий разных уровней 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 рисунке 2 приведена диаграмма средних процентов выполнения по каждой линии заданий для экзаменационной работы 2024 г.



Рис. 2

Исходя из общепринятых норм, содержательный элемент или умение считается усвоенным, если средний результат выполнения соответствующей им 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 следующих умений и элементов содержания:

– определять ускорение равноускоренного движения по графику зависимости проекции скорости от времени; путь, пройденный телом при равномерном и равноускоренном движения, 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 Гука, импульс тела, закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии, сила Архимеда, правило равновесия рычага, период свободных колебаний математического маятника, зависимость средней кинетической энергии теплового движения молекул от температуры, основное уравнение МКТ, уравнение состояния идеального газа, работа газа, первый закон термодинамики, КПД тепловой машины, закон Кулона, заряд, протекающий через поперечное сечение проводника, закон Ома, энергия магнитного поля катушки с током, сила Ампера, сила Лоренца, закон Фарадея, период свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, закон отражения света;

– определять изображения в собирающей линзе; определять состав атома и атомного ядра, массовое и зарядовое числа ядер в ядерных реакциях;

– анализировать характер изменения физических величин для следующих процессов и явлений: движение спутников, изменение параметров газов в изопрцессах в идеальном газе, представленных при помощи графика, изменение парциального давления в смеси газов, преломление света, изменение сопротивления реостата в цепи постоянного тока, свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре, явление фотоэффекта, альфа-распад, бета-распад;

– устанавливать соответствие между видами радиоактивного распада и ядерными реакциями;

– интерпретировать графики, отражающие зависимость физических величин, характеризующих равномерное и равноускоренное движение тела, движение тела, брошенного под углом к горизонту, движение тела по наклонной плоскости под действием силы трения;

– проводить комплексный анализ физических процессов: равноускоренное движение, представленное в виде графика зависимости координаты от времени; колебания математического маятника; колебания пружинного маятника; плавание тел; сравнение двух изобарных процессов, представленных в виде графиков; изменение агрегатных состояний вещества; действие силы Ампера на проводник с током в магнитном поле;

– воспроизводить основные теоретические сведения по всем разделам курса физики: определения понятий и физических величин, формулировки законов, зависимости физических величин, описание физических моделей, свойства процессов и явлений;

– записывать показания измерительных приборов (динамометра, термометра, барометра, амперметра, вольтметра) с учетом погрешности измерений;

– выбирать недостающее оборудование для проведения косвенных измерений из предложенного перечня и экспериментальную установку для проведения исследования.

К дефицитам можно отнести задания, которые контролировали умения:

– анализировать характер изменения физических величин для цепи постоянного тока при изменении сопротивления реостата в цепи;

– проводить комплексный анализ физических процессов: взаимодействие двух неподвижных точечных зарядов; возникновение индукционного тока в катушке, помещенной внутри другой катушки при изменении протекающего по ней электрического тока; возникновение индукционного тока в проводящем и непроводящем кольцах при их движении в поле постоянного магнита;

– решать расчетные задачи повышенного уровня сложности;

– решать качественные задачи;

– решать расчетные задачи высокого уровня сложности.

Рассмотрим более подробно 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 сложности с кратким ответом в виде числа, которые проверяли понимание основных законов и формул курса физики средней школы. Для всех линий этих заданий в среднем продемонстрировано освоение умения. Рассмотрим результаты выполнения этих заданий по каждому из тематических разделов.

Средний процент выполнения заданий на применение формул в стандартных ситуациях по механике составил 83, что существенно выше, чем в прошлом году (71). С результатами выше 80 % выполнены задания: на применение второго закона Ньютона, формулы для силы трения и закона Гука при представлении условий в виде таблицы

данных опытов; на сравнение импульсов тел; условий равновесия рычага, на применение закона сохранения энергии для свободно падающего тела.

Существенно ниже (в среднем на уровне 60 %) оказались результаты для групп заданий на сравнение периодов колебаний математических маятников и пружинных маятников. Пример одного из таких заданий приведен ниже.

*Пример 1 (средний процент выполнения – 58)*

*Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 50 Н/м, совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Пружину какой жёсткости надо взять вместо этой пружины, чтобы период свободных вертикальных колебаний этого груза стал в 2 раза меньше?*

*Ответ: \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_\_\_ Н/м.*

Для этого задания очень велика разница между результатами выполнения сильной группой (94 %) и группой со слабой подготовкой (13 %). При этом анализ веера ответов показывает, что проблема не в математике, как это было ранее, а именно в незнании формулы для периода колебаний пружинного маятника:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ . Так, 21 % участников

экзамена указали ответ 100, т.е. помнят, что при увеличении жесткости пружины период уменьшается, но забыли про квадратный корень. Еще 17 % участников указали ответы 25 и 12,5, считая, что уменьшение жесткости приведет к уменьшению периода колебаний. Во всех случаях прослеживаются ошибки в знании исходной формулы.

Для аналогичной группы заданий по математическому маятнику основной ошибкой было непонимание того, что масса груза не влияет на период колебаний математического маятника.

Еще одной группой заданий, выполненных «на грани» освоения, стали задания на определение силы Архимеда (см. пример 2).

*Пример 2 (средний процент выполнения – 52)*

*Медный кубик, подвешенный на нити, полностью погружён в воду и не касается дна сосуда. Ребро кубика равно 3 см. Определите силу Архимеда, действующую на кубик.*

*Ответ: \_\_\_\_\_ 0,27 \_\_\_\_\_ Н.*

Здесь анализ веера ответов говорит о проблемах с математикой, а не с формулой для выталкивающей силы. 13 % участников указали всевозможные неверные ответы с цифрами 2 и 7, т.е. они верно записали формулу, но не справились с вычислением степеней. Почти 16 % не смогли определить объем кубика.

По молекулярной физике количество заданий в варианте на применение формул в стандартных ситуациях уменьшилось. Не были включены в проверку сложные элементы, связанные с насыщенными парами и влажностью воздуха, поэтому результаты оказались значительно выше, чем в прошлом году, – 81 % (в 2023 г. – 68 %).

Результаты выше 80 % продемонстрированы для заданий по проверке следующих формул: связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его молекул, связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа, уравнения  $p = nkT$ , а также для заданий по сравнению работы газа в двух изобарных процессах с использованием  $pV$ -диаграммы. На уровне 70 % выполнены задания на применение первого закона термодинамики и задания на применение формулы для КПД тепловой машины через работу и количество теплоты, полученной от нагревателя. Немного ниже



ожидаемого уровня отмечены результаты выполнения для заданий, один из примеров которых приведен ниже.

*Пример 3 (средний процент выполнения – 64)*

*В сосуде содержится разреженный аргон, абсолютная температура которого равна 150 К. Концентрацию аргона уменьшили в 2 раза, при этом его давление увеличилось в 3 раза. Определите абсолютную температуру газа в конечном равновесном состоянии.*

*Ответ:* \_\_\_\_\_ 900 \_\_\_\_\_ К.

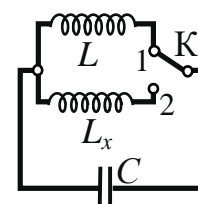
У задания очень высокая дифференцирующая способность: участники слабой группы выполнили его в 6 раз хуже, чем высокобалльники. Наиболее популярный неверный ответ – 225 К (18 %) – показывает, что основная проблема здесь – неверные вычисления или недостаточно внимательное чтение условия об изменении величин.

Для заданий по электродинамике средний процент выполнения составил 77, что также выше показателя прошлого года – 66. Средний процент выполнения выше 70 отмечен для групп заданий по применению: закона Кулона; формулы для определения силы тока через протекающий заряд с использованием графика зависимости заряда от времени; закона Ома для участка цепи как для случаев использования графика зависимости силы тока от напряжения, так и для ситуаций с использованием фотографий электрических цепей с характеристиками проводников и показаниями приборов; формул для силы Ампера и силы Лоренца; закона Фарадея, а также заданий на определение расстояния до изображения в плоском зеркале.

Немногим более 60 % участников справились с применением закона отражения света в плоском зеркале, определением изображения предмета в собирающей линзе и применением формулы для энергии магнитного поля катушки с током. Как и в прошлом году, затруднения вызывали задания на сравнение периода колебаний в колебательном контуре при изменении индуктивности катушки или емкости конденсатора (см. пример 4).

*Пример 4 (средний процент выполнения – 53)*

*При переводе ключа К из положения 1 в положение 2 (см. рисунок) период собственных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре увеличился в 1,5 раза. Во сколько раз индуктивность  $L_x$  катушки в колебательном контуре больше  $L$ ?*



*Ответ:* в \_\_\_\_\_ 2,25 \_\_\_\_\_ раз(а).

По квантовой физике в экзаменационном варианте было всего одно задание с кратким ответом базового уровня сложности. Средний результат выполнения заданий этой линии оказался равным 78 %, что выше результатов прошлого года – 62 %, что, как и по другим разделам, связано прежде всего с сокращением проверяемого содержания. Для заданий на понимание строения атома и ядра продемонстрирован средний результат 78 %, что соответствует результатам прошлого года (77 %). Успешно выполнены задания на определение вида радиоактивного распада (задания на соответствие) и определение заряда или массового числа неизвестного элемента в ядерной реакции при условии, что эта реакция была записана в явном виде (например:  ${}^4_2\text{He} + {}^7_3\text{Li} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_0\text{n}$ ). Средний результат выполнения этих заданий составил 86 %. Затруднения вызвали аналогичные задания, пример одного из которых приведен ниже.

### Пример 5

Ядро изотопа тория  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  испытывает электронный  $\beta$ -распад, при этом образуется ядро элемента  ${}_{Z}^AX$ . Каков заряд  $Z$  образовавшегося ядра  $X$  (в единицах элементарного заряда)?

Ответ: \_\_\_\_\_ 91 \_\_\_\_\_.

Здесь нужно было вспомнить общие закономерности электронного  $\beta$ -распада, а основной ошибкой было указание ответа 89 (21 % участников).

### *Понимание графиков зависимостей физических величин*

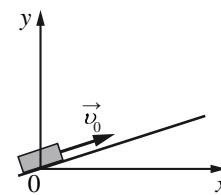
В каждом экзаменационном варианте было представлено не менее 4 заданий с использованием различных графиков. В этом году традиционно в линии 1 предлагались только задания с использованием графиков равномерного и равноускоренного движения по расчету пути и ускорения тела. В большинстве вариантов в линии 6 были задания на определение вида графиков зависимости от времени различных величин, характеризующих равноускоренное движение. В других линиях использовались отдельные модели заданий, в которых для расчета величин или объяснения процессов необходимо было интерпретировать вид предложенных графических зависимостей. Анализ результатов последней группы заданий представлен в предыдущем и последующем подразделах настоящих рекомендаций.

Средний результат выполнения заданий линии 1 на определение проекции ускорения по графику зависимости проекции скорости тела от времени для равноускоренного или равномерного движения составил 75 %. При этом не было отмечено значимых различий для условий определения ускорения в данной точке или на данном интервале времени, а также равенства нулю ускорения для участка равномерного движения. Достаточно высокими (85 %) оказались и результаты выполнения заданий на определение пути, пройденного телом, по графику зависимости модуля скорости тела от времени. Хотя следует отметить, что в этом году не предлагались задания на определение пути по графику проекции скорости от времени для участков, где тело изменяло направление своего движения.

В линии 6 предлагались различные модели заданий на соответствие, в которых по заданным условиям движения тела необходимо было установить схематичный вид графиков зависимости от времени для проекции скорости, импульса, ускорения, перемещения, а также кинетической энергии или полной энергии тела. Модели заданий различались формой описания движения тел. Проще всего оказались ситуации с математической формой описания равноускоренного движения: либо при помощи аналитической формулы зависимости координаты от времени (например,  $x(t) = 10 + 2t - 6t^2$ ), либо с помощью графика зависимости координаты от времени. Средний результат выполнения таких заданий составил 76 %. Более сложными стали задания, в которых словесно и при помощи рисунка описывались условия равноускоренного движения тел: движение тела, брошенного вертикально вверх; движение тела, брошенного под углом к горизонту; движение тела вверх по гладкой наклонной плоскости после толчка. Для таких заданий средний результат выполнения составил 61 % (см. пример 6).

Пример 6 (средний процент выполнения – 62)

После удара в момент времени  $t=0$  шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке. В момент времени  $t_0$  шайба вернулась в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.

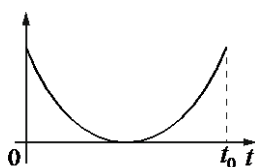


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

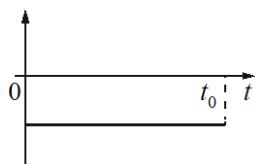
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ГРАФИКИ

А)



Б)



### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости  $v_x$
- 2) проекция ускорения  $a_y$
- 3) кинетическая энергия  $E_k$
- 4) полная механическая энергия  $E_{мех}$

Ответ:

А	Б
3	2

Как показывает анализ веера ответов, затруднения у участников экзамена (преимущественно со слабой подготовкой) возникали при определении начальных условий движения. Например, для приведенного выше задания необходимо понимать, что проекция ускорения отрицательна и не меняется в процессе движения, в процессе движения кинетическая энергия шайбы переходит в потенциальную и обратно, а полная энергия остается неизменной, поскольку плоскость гладкая и, следовательно, отсутствует сила трения. Кроме того, следует отметить, что учащимся лучше удавалось определять графики для кинематических величин (скорости, ускорения, перемещения) и существенно хуже – графики для энергии.

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

Одна из линий экзаменационного варианта проверяла понимание основных теоретических положений школьного курса физики при помощи заданий интегрированного характера, содержащих утверждения из разных разделов курса физики: по одному из механики, молекулярной физики и квантовой физики и два из электродинамики. Средний результат выполнения этих заданий в текущем году составил 55 %, что сопоставимо с аналогичными результатами 2023 и 2022 гг. Традиционно участниками экзамена успешнее выделялись верные и неверные утверждения, которые описывали закономерности, представленные в различных формулах и законах. Затруднения, как в предыдущие периоды, вызывали различные

утверждения, описывающие свойства явлений и процессов. Приведем пример одного из заданий, при выполнении которого явно прослеживается эта тенденция.

*Пример 7 (средний процент выполнения – 49)*

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

- 1) Модуль сил гравитационного взаимодействия двух материальных точек обратно пропорционален квадрату расстояния между ними.*
- 2) Давление насыщенного пара увеличивается с ростом абсолютной температуры пара и не зависит от его объёма.*
- 3) В однородном электростатическом поле работа силы электростатического поля по перемещению заряда между двумя точками прямо пропорциональна длине траектории.*
- 4) При переходе электромагнитной волны из оптически менее плотной в оптически более плотную среду частота волны остаётся неизменной.*
- 5) При распространении света проявляются только его корпускулярные свойства, а при взаимодействии с веществом – только волновые.*

*Ответ: \_\_\_\_\_ 124 \_\_\_\_\_.*

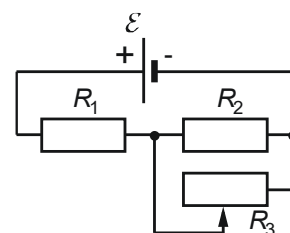
При выполнении этого задания 22 % получили 2 балла, верно указав все три правильных утверждения. При этом ответ 14 привели 15 % участников, а ответ 134, указав ошибочное утверждение о работе сил электростатического поля, – еще 15 %. Ответ 1, базирующийся на знании закона всемирного тяготения, записали почти 60 % участников. Ясно, что затруднения вызывали утверждения 2, 3 и 4 о свойствах процессов в молекулярной физике и электродинамике.

Умение анализировать изменение физических величин в различных процессах проверялось в экзаменационных вариантах линиями заданий 10 и 15 и отдельными заданиями линий 6 и 17. Наиболее высокие результаты (81 % выполнения) достигнуты для заданий на анализ изменения величин, характеризующих движение спутника по орбите планеты при изменении орбиты спутника. С результатом около 80 % выполнены задания на анализ изменения параметров газа в изопроцессах, которые были представлены диаграммами  $pV$ ,  $VT$ ,  $pU$ , а также задания на анализ изменения характеристик ядер при альфа- и бета-распадах. Примерно две трети участников успешно справились с анализом изменения величин, характеризующих преломление света, свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре радиоприемника и явление фотоэффекта. Лишь половина участников смогла верно определить изменение парциального давления и общего давления смеси газов при изменении массы смеси.

Проблемными оказались задания на анализ изменения величин, характеризующих протекание постоянного тока в различных схемах при изменении внешнего сопротивления или закорачивании одного из проводников. Для таких заданий уровень освоения, к сожалению, не достигнут. Ниже приведен пример одного из заданий.

*Пример 8 (средний процент выполнения – 37)*

*На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС, два резистора и реостат. Сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  одинаковы. Сопротивление реостата  $R_3$  можно менять. Как изменятся напряжение на резисторе  $R_1$  и суммарная тепловая мощность, выделяемая в цепи, если увеличить сопротивление реостата? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.*



*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.

Напряжение на резисторе $R_1$	Суммарная тепловая мощность, выделяемая в цепи
2	2

Здесь верный ответ смогли указать лишь 20 % участников экзамена, и еще 36 % получили по 1 баллу за верное определение одного из элементов ответа. Как показывает анализ всего ответа, основная ошибка – неверное определение изменения сопротивления участка с параллельным соединением проводников.

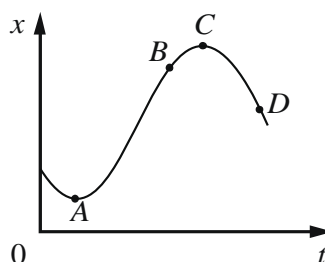
Умение проводить комплексный анализ физических процессов оценивалось в КИМ при помощи 3 заданий на множественный выбор: по механике, молекулярной физике и электродинамике. В каждом задании предлагалось выбрать все верные утверждения из пяти предложенных, при этом верными могли быть как два, так и три утверждения. Следует отметить, что во всех заданиях текст сопровождался графическими объектами (схематичными рисунками опытов, таблицами или графиками) и для выполнения заданий необходимо было проявить умения по работе с графической информацией, которые являются метапредметными.

Средний результат выполнения заданий на комплексный анализ физических процессов по механике и молекулярной физике оказался в этом году одинаковым – 63 %, а по электродинамике, как и в прошлые годы, эти задания оказались более трудными: средний результат выполнения – 47 %.

По механике наиболее высокие результаты (66%) продемонстрированы для заданий по анализу колебаний пружинного маятника, представленных в виде таблицы зависимости координаты от времени. С результатами около 60 % выполнены задания на анализ плавания брусков и колебаний математического маятника. Наиболее трудной оказались задания на анализ движения тела, представленного в виде графика зависимости координаты от времени (см. пример 9).

*Пример 9 (средний процент выполнения – 56)*

*На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ .*



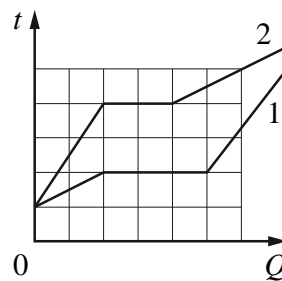
*Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.*

- 1) В точке A скорость тела равна нулю.
- 2) В точке B проекция ускорения тела на ось  $Ox$  отрицательна.
- 3) Проекция перемещения тела на ось  $Ox$  при переходе из точки B в точку C положительна.
- 4) В точке D проекция скорости тела на ось  $Ox$  положительна.
- 5) На участке CD модуль скорости тела уменьшается.

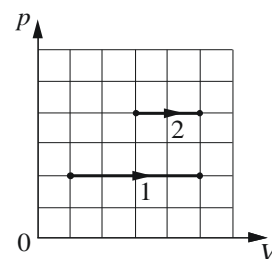
Ответ: \_\_\_\_\_123\_\_\_\_\_.

При выполнении этого задания лишь треть участников экзамена смогла указать полностью верный ответ из трех элементов. При этом значительная часть выпускников верно указала ответ 3, продемонстрировав умение читать график зависимости координаты от времени, а самым сложным для выбора оказался ответ 2, требующий интерпретации графика равноускоренного движения (скорость направлена вдоль оси  $Ox$ , скорость уменьшается, вектор ускорения противоположен вектору скорости).

Задания по молекулярной физике базировались на анализе графиков. Успешно выполнены задания на анализ процессов изменения агрегатных состояний вещества, представленных в виде графиков зависимости температуры двух тел одинаковой массой от сообщенного количества теплоты (см. рисунок справа). Несмотря на то что утверждения касались сравнения величин во всех трех процессах (удельной теплоемкости в твердом/жидком состоянии, температуры плавления/кипения, удельной теплоты плавления/парообразования и удельной теплоемкости в жидком/газообразном состоянии), средний результат выполнения этих заданий оказался равным 67 %.



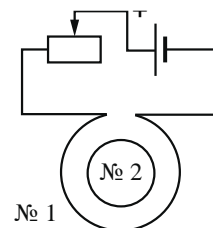
Немного более сложными оказались задания на сравнение характеристик двух изобарных процессов, представленных при помощи  $pV$ -диаграммы (см. рисунок справа). Средний результат выполнения – 60%. В этих заданиях более двух третей выпускников верно определяли равенство работ газа для двух процессов; затруднение вызывал выбор верных утверждений, описывающих изменение абсолютной температуры газа в каком-либо процессе, изменение плотности газа или концентрации его молекул.



В блоке электродинамики предлагались задания с использованием схематичных рисунков различных опытов. С анализом опыта по взаимодействию проводящего и непроводящего колец с магнитным полем постоянного магнита при его внесении в кольца справилось в среднем 60 % участников. Только половине выпускников оказались посильными задания на анализ опыта по изменению сила Ампера, действующей на проводник с током при изменении сопротивления реостата в цепи проводника. К сожалению, результаты ниже уровня освоения продемонстрированы для заданий на анализ взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов (46 %) и анализ опыта по возникновению индукционного тока в катушке при изменении пронизывающего ее магнитного потока (45 %). Пример одного из таких заданий приведен ниже.

### Пример 10

Катушка № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника постоянного напряжения и реостата. Катушка № 2 помещена внутрь катушки № 1 и замкнута (см. рисунок).



Из приведенного ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата **вправо**. ЭДС самоиндукции в катушке пренебречь.

- 1) Вектор индукции магнитного поля, созданного катушкой № 2, в центре этой катушки направлен от наблюдателя.
- 2) Модуль магнитного потока, пронизывающего катушку № 2, уменьшается.
- 3) Сила тока в катушке № 1 уменьшается.
- 4) Модуль вектора индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1, уменьшается.
- 5) В катушке № 2 индукционный ток направлен по часовой стрелке.

Ответ: \_\_\_\_\_ 234 \_\_\_\_\_.

В этом задании половина выпускников верно определила изменение силы тока в катушке № 1. При этом лишь 31 % смогли связать уменьшение тока с уменьшением модуля вектора магнитной индукции, созданного катушкой № 1, и лишь 20 % смогли связать это и с уменьшением модуля магнитного потока, пронизывающего катушку № 2. Следовательно, полностью верный ответ смогли записать лишь 20 % участников.

#### *Методологические умения*

В экзаменационную работу традиционно было включено 2 задания базового уровня сложности, направленных 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 процент выполнения этих заданий – 82,0, что выше данных прошлого года для аналогичных заданий (76,9). При этом результаты немного зависели от вида измерительного прибора: термометр (87 %), динамометр (85 %), амперметр и вольтметр (78 %), барометр (76 %). Традиционно показатели немного ниже для приборов, имеющих две шкалы (амперметр, вольтметр и барометр), что связано с дополнительной функцией выбора шкалы для снятия показаний.

Задания линии 20 оценивали умение выбирать оборудование для проведения опыта по сформулированной в тексте задания гипотезе опыта. Предлагалось три модели заданий: выбор характеристик оборудования из представленного в таблице перечня данных, выбор номенклатуры необходимого оборудования из предложенного перечня и выбор схемы (рисунка) опыта из предложенного перечня. Наиболее высокие результаты продемонстрированы для заданий на выбор строк таблицы, описывающих параметры оборудования, – 88 %. С заданиями на выбор схемы установки справилось в среднем 70 % участников. Самые низкие результаты были достигнуты для заданий с выбором оборудования из перечня. Пример такого задания приведен ниже.

*Пример 11 (средний процент выполнения – 68)*

*Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность меди. Для этого школьник взял динамометр и мензурку. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения эксперимента?*

- 1) *алюминевый шарик*
- 2) *термометр*
- 3) *секундомер*
- 4) *стакан с водой*
- 5) *медный шарик*

*В ответе запишите номера выбранного оборудования.*

Ответ: 

4	5
---	---

Затруднения при выполнении этих заданий были связаны с тем, что для определения плотности предполагалось использовать не традиционный способ измерения массы тела при помощи весов и его объема при помощи мензурки, а измерение силы тяжести при помощи динамометра и объема тела при помощи мензурки. Даже столь незначительное усложнение повлекло за собой снижение результатов выполнения заданий.

### Решение задач

В части 2 экзаменационной работы предлагалось 6 задач различного типа, уровня сложности по всем разделам школьного курса физики, кроме квантовой физики.

Качественные задачи на позиции 21 в этом году базировались либо на материале молекулярной физики, либо на материале электродинамики. Средние результаты решения качественных задач составили 37,2 %, что существенно выше значений прошлого года (16,3 %). При этом для задач по молекулярной физике в среднем отмечены более высокие показатели (37 %), чем для задач по электродинамике (24 %).

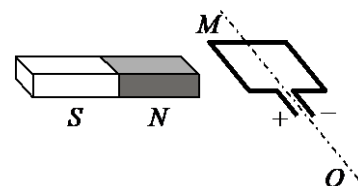
Наиболее высокие результаты продемонстрированы для задач по молекулярной физике на изменение параметров в изопроцессах: 43 % участников экзамена получили 3 балла. В этих задачах предлагались диаграммы  $pT$  или  $VT$  с тремя участками, соответствующими различным изопроцессам, необходимо было определить изменение внутренней энергии (напрямую связанную с температурой, изменение которой показано на графике) и, соответственно, объема или давления газа. 26 % экзаменуемых успешно справились с задачами на перестроение графиков изопроцессов из одних координат в другие с соответствующими объяснениями этих построений. Примерно с таким же результатом выполнены и задачи на движение поршня с пружиной в сосуде при изменении давления газа в одной из его частей. По электродинамике 28 % экзаменуемых смогли определить изменение показаний амперметра и вольтметра в цепи постоянного тока при изменении внешнего сопротивления. Самой сложной оказалась типовая задача на движение рамки с током в поле постоянного магнита; средний результат выполнения – 20 %, при этом представить полностью верное решение и ответ и получить максимальный балл смогли лишь 10 % участников (см. пример 12).

#### Пример 12

Небольшую рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок).

Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Опишите движение рамки относительно неподвижной оси  $MO$  после того, как её отпустят.

Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха. ЭДС индукции, возникающей в рамке, и колебаниями рамки пренебречь.



Сам факт движения рамки не должен был вызывать никаких сложностей, поскольку в задаче представлена схема стандартного демонстрационного опыта. В отличие от других качественных задач, здесь лишь 13 % смогли получить 1 балл, т.е. узнали ситуацию и указали, что на проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера. Понятны ошибки, связанные с неверным определением направления линий магнитной индукции поля постоянного магнита, неверным определением направления силы Ампера, особенно при вертикальном положении рамки, но столь низкий результат «узнавания» ситуации говорит о некотором пренебрежении экспериментальной частью курса физики.

На позициях 22 и 23 предлагались расчетные задачи повышенного уровня сложности: на позиции 22 все задачи были по механике, а на позиции 23 – по молекулярной физике или электродинамике. Средние результаты выполнения заданий по каждой из этих линий очень близки: 40 % и 38 % соответственно. Однако отмечены различия в результатах в зависимости от тематики задач. Так, по механике для задач на применение закона Архимеда продемонстрированы немного более высокие показатели, чем для задач по кинематике; для задач на калориметрию на позиции 23 результаты хотя и незначительно, но выше, чем для задач по электродинамике на движение заряженных частиц в магнитном поле.



По молекулярной физике в КИМы были включены стандартные задачи, результаты решения которых в целом оказались выше, чем в прошлом году: 12 % в 2023 г., 21 % в 2024 г. Самые высокие результаты продемонстрированы для задач на определение относительной влажности воздуха в сосуде после удаления перегородки, если первоначально в двух частях сосуда была различная относительная влажность воздуха – 31 %. Труднее оказались задачи на применение первого закона термодинамики и законов для изопроцессов для двух различных изопроцессов, представленных в виде графика, – 22 %, и задачи на определение КПД цикла – в среднем 19 %. Наиболее сложными оказались задачи, одна из которых приведена ниже.

### Пример 13

*Влажный воздух находится в вертикальном гладком цилиндрическом сосуде под невесомым поршнем с площадью  $S$ . На поршень медленно насыпают песок. На стенках сосуда появляется роса, если масса песка становится равной  $m$ . Температура влажного воздуха в сосуде поддерживается постоянной. Снаружи сосуда давление воздуха равно нормальному атмосферному давлению  $p_0$ . Определите первоначальную относительную влажность воздуха в сосуде.*

Средний результат решения этих задач составил всего 8 %. При этом проблемы были связаны прежде всего с непониманием тех процессов, которые описаны в задаче: 1) факт, что в начальном состоянии давление в сосуде под невесомым поршнем равно атмосферному давлению  $p_0$ ; 2) если масса поршня вместе с песком становится равна  $m$ , то появляется роса, и, значит, относительная влажность воздуха становится равной 100 %, а давление в цилиндре под поршнем –  $p_0 + \frac{mg}{S}$ ; 3) закон Бойля – Мариотта следует записать для двух случаев:  $p_0 V_1 = \left(p_0 + \frac{mg}{S}\right) V_2$  для влажного воздуха;  $p_{\text{п}} V_1 = p_{\text{нас}} V_2$  для водяного пара, где  $V_1$  и  $V_2$  – соответственно начальный и конечный объемы сосуда.

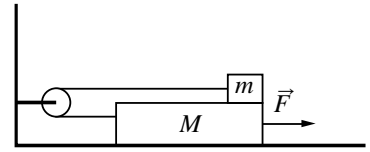
На позиции 25 в экзаменационных вариантах встречались задачи либо по электростатике на соединение конденсаторов, либо по теме «Постоянный электрический ток». С задачами на анализ цепей постоянного тока участники экзамена в целом справились лучше, чем с заданиями по электростатике. Так, задачи на сравнение мощности, выделяемой на резисторах при переключении полярности подсоединения батареи в цепях с диодами, смогла успешно решить треть участников экзамена. С задачами на поиск максимальной мощности, выделяющейся в цепи при изменении внешнего сопротивления, справилось почти 28 % выпускников. Наиболее сложными оказались задачи на расчет цепи постоянного тока, содержащей группы резисторов с последовательным и параллельным подключением. Здесь получить максимальный балл удалось лишь 10 % экзаменуемых, при этом ошибки были связаны в первую очередь с неверной интерпретацией показаний идеального вольтметра, подключенного к источнику тока при разомкнутом ключе (отсутствие внешней нагрузки), и допущены в расчетах сопротивлений и токов в параллельно подключенных резисторах (при верно записанных законах Ома и правилах последовательного и параллельного соединения проводников).

На позиции 26 предлагались преимущественно задачи по динамике на связанные тела, а группа задания на применение законов сохранения в механике. Следует отметить, что вырос с 11% в 2023 г. до 18% в 2024 г. средний результат по критерию К1 (Обоснование используемых законов). Ожидается более высокие результаты как по критерию К1, так и по критерию К2 продемонстрированы для заданий на связанные тела, чем для заданий на применение законов сохранения. Распределение средних процентов выполнения по баллам для решения этих задач показывает, что значимая часть приходится на однобалльные работы и существенно меньшему числу участников экзамена

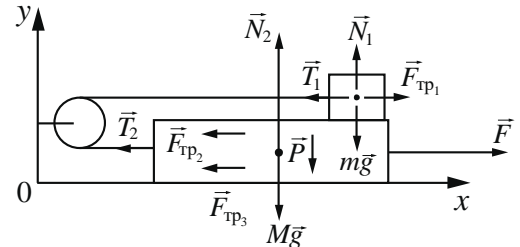
удается довести математическое решение до логического конца, приведя его к верному числовому ответу. Рассмотрим результаты выполнения одного из заданий.

#### Пример 14

На горизонтальном неподвижном столе лежит доска массой  $M = 0,8$  кг. На доске находится маленький брусок массой  $m = 200$  г. Брусок и доска связаны невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок, закреплённый на стене (отрезки нити, не лежащие на блоке, горизонтальны). Коэффициент трения между бруском и доской  $\mu_1 = 0,5$ , между столом и доской  $\mu_2 = 0,3$ . Доску тянут вправо горизонтальной силой  $\vec{F}$ . Чему равен модуль силы  $\vec{F}$ , если модуль ускорения бруска относительно стола  $a = 1$  м/с<sup>2</sup>? Трением в оси блока пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



По критерию К1 в этом задании требовалось указать выбор ИСО, модель материальной точки, условия равенства сил натяжения нити и равенства модулей ускорений тел. Для решения задачи необходимы также условия, что силы трения, действующие на брусок и доску, равны друг другу и противоположны по направлению по третьему закону Ньютона, а также, что модули сил нормальной реакции доски  $\vec{N}_1$  и давления бруска на доску  $\vec{P}$  также равны друг другу по третьему закону Ньютона. Но для получения балла за обоснование последних утверждений не требовалось, достаточно было использовать эти условия в решении. При таких ограничениях 21 % участников смогли получить за обоснование 1 балл. При достаточно высоком среднем результате выполнения по критерию К2 (25 %) баллы за решение распределились следующим образом: 1 балл – 27 %; 2 балла – 8 %; 3 балла – 11 %.



На основании этого распределения понятно, что запись второго закона Ньютона для бруска и доски вполне посильна группам с повышенным и высоким уровнями предметной подготовки, математические преобразования в этой задаче минимальны и также не должны вызывать сложностей. Проблемы возникали прежде всего при выполнении рисунка, в котором зачастую участники забывали указать силу давления бруска на доску, в связи с чем возникали и проблемы с записью проекций на вертикальную ось в законе Ньютона для доски или для силы трения между доской и столом.

#### 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, относятся к группе с самым низким уровнем подготовки (группа 1). Группа 2 соответствует диапазону от минимальной границы до 60 баллов, в первичных баллах это соответствует выполнению заданий базового уровня сложности. Далее следует группа участников, набравших от 61 до 80 баллов (группа 3). В этом диапазоне баллов необходимо показать устойчивое выполнение заданий повышенного уровня сложности. Для группы высокобалльников (от 81 до 100 баллов) характерно наличие системных знаний и овладение комплексными умениями (группа 4).

На рисунке 3 представлена диаграмма, демонстрирующая распределение экзаменуемых по группам подготовки в 2024 г.

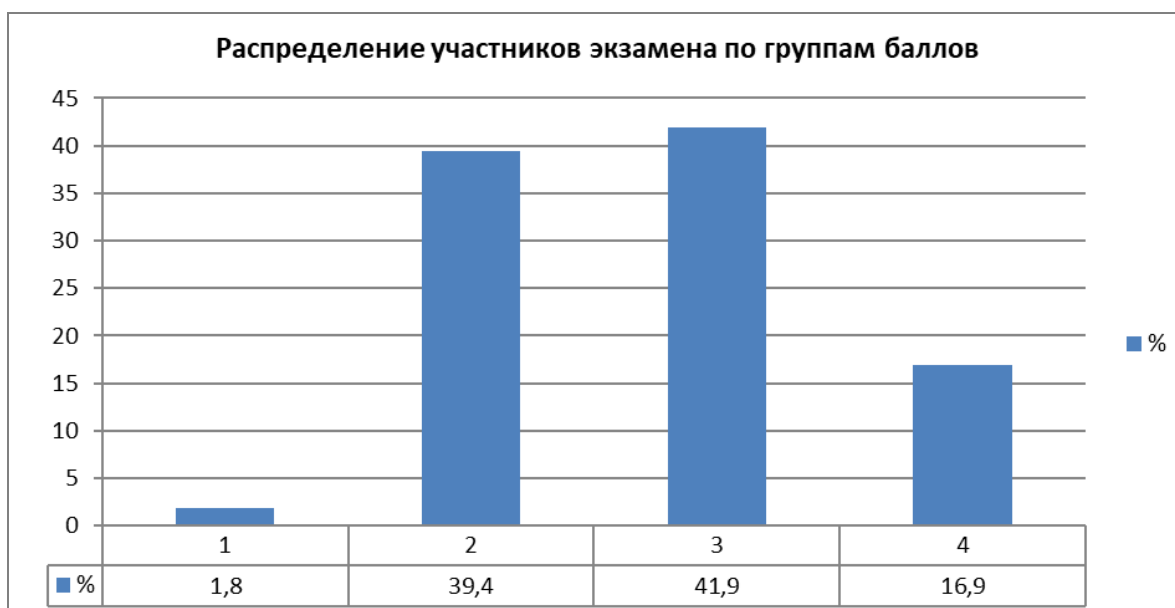


Рис. 3

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

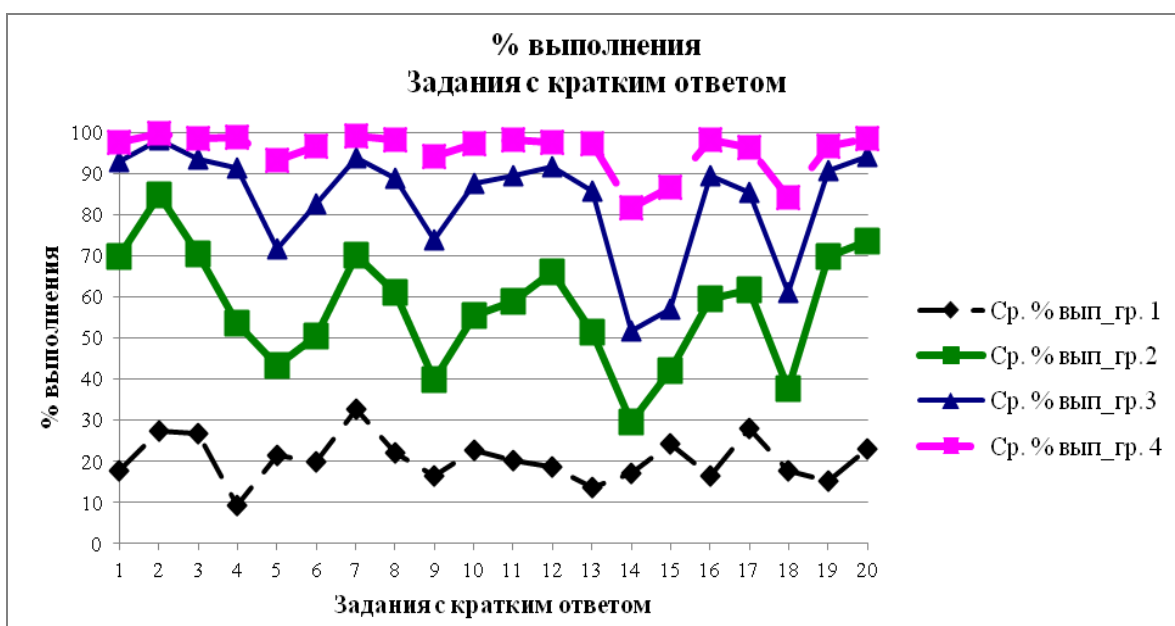




Рис. 4. Результаты выполнения заданий экзаменационной работы участниками экзамена с различным уровнем подготовки

Участники из группы 1 по уровню подготовки получили по итогам выполнения экзаменационной работы от 0 до 7 первичных баллов. Численность группы составляет 1,8 % от общего числа участников экзамена. Средний процент выполнения заданий базового уровня составил для этой группы 20,9, заданий повышенного уровня – 9,4. Группа участников экзамена, не достигших минимальной границы, не продемонстрировала достижения каких-либо предметных результатов обучения и освоения каких-либо элементов содержания. Более успешно эти выпускники выполняют задания базового уровня сложности на применение второго закона Ньютона, формул для импульса тела, силы трения, силы упругости, условия равновесия рычага, а также на применение основного уравнения МКТ с использованием элементарных математических расчетов и задания на выбор оборудования для проведения опытов из таблицы с характеристиками элементов оборудования. Из перечня элементов содержания видно, что акцент в освоении материала сделан на наиболее важные темы по механике.

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

*Пример 15*

*При исследовании зависимости модуля силы упругости  $F_{упр}$  от удлинения пружины были получены следующие данные.*

$F_{упр}, Н$	2,5	5,0	10,0	12,5
$\Delta x, м$	0,01	0,02	0,04	0,05

*Определите по результатам исследования жёсткость пружины.*

*Ответ:* \_\_\_\_\_ 250 \_\_\_\_\_ Н/м.

Группа 2 составляет 39,4 % от общего числа участников. К этой группе относятся участники экзамена, получившие от 8 до 21 первичных баллов. Результаты выполнения этой группой заданий базового уровня составили в среднем 60,9 %, заданий повышенного уровня – 23,3 %, заданий высокого уровня сложности – 1,3 %. Данная группа

демонстрирует освоение содержания курса физики средней школы на базовом уровне сложности.

Для участников из этой группы отмечено освоение большей части предметных результатов, проверяемых заданиями базового уровня сложности: 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, сила трения, закон Гука, импульс тела, закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии, сила Архимеда, правило равновесия рычага, зависимость средней кинетической энергии теплового движения молекул от температуры, основное уравнение МКТ, уравнение состояния идеального газа, работа газа, закон Кулона, заряд, протекающий через поперечное сечение проводника, сила Ампера, сила Лоренца, закон Фарадея; устанавливать соответствие между видами радиоактивного распада и ядерными реакциями; записывать показания измерительных приборов (динамометра, термометра, барометра, амперметра, вольтметра) с учетом погрешности измерений; выбирать недостающее оборудование для проведения косвенных измерений из предложенного перечня и экспериментальную установку для проведения исследования; анализировать характер изменения физических величин для следующих процессов и явлений: движение спутников, изменение параметров газов в изопрцессах в идеальном газе, представленных при помощи графика, изменение парциального давления в смеси газов, преломление света, свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре, явление фотоэффекта, альфа-распад, бета-распад. Кроме того, для данной группы оказалась сильной частью заданий повышенного уровня сложности на комплексный анализ физических процессов: колебания математического маятника, колебания пружинного маятника, плавание тел, изменение агрегатных состояний вещества.

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

#### *Пример 16*

*Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединён пружиной со стенкой. Груз немного смещают от положения равновесия вдоль оси пружины и отпускают из состояния покоя, после чего он начинает колебаться, двигаясь вдоль оси пружины, вдоль которой направлена ось  $Ox$ . В таблице приведены значения координаты груза  $x$  в различные моменты времени  $t$ .*

*Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице.*

$t, c$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
$x, cm$	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0	2,8	4,0

- 1) В момент времени 0,8 с модуль ускорения груза минимален.*
- 2) Период колебаний груза равен 1,6 с.*
- 3) Частота колебаний груза равна 0,25 Гц.*
- 4) В момент времени 0,4 с кинетическая энергия груза максимальна.*
- 5) Модули сил, с которыми пружина действует на груз, в момент времени 0,2 с и в момент времени 0,8 с равны.*

*Ответ:* \_\_\_\_\_ 24 \_\_\_\_\_.

К сожалению, для группы 2 зафиксированы низкие результаты для заданий базового уровня интегрированного характера на знание основных теоретических сведений и недостаточное владение отдельными элементами содержания, особенно если в задании использовались иллюстрации (графики, фотографии).

Группу 3 составляет 41,9 % участников экзамена; к ней относятся выпускники, набравшие от 22 до 35 первичных баллов. Для группы участников с повышенным уровнем подготовки характерно освоение содержания курса физики как на базовом, так и на повышенном уровнях сложности. Средний процент выполнения заданий базового уровня составляет 86,6, повышенного уровня – 57,0, высокого уровня – 19,4.

Данная группа продемонстрировала системное освоение курса физики на базовом уровне. В том числе, в отличие от предыдущей группы, отмечены высокие результаты по вычислению значений физической величины с использованием изученных законов и формул в типовой учебной ситуации: период свободных колебаний математического маятника, период свободных гармонических колебаний пружинного маятника, первый закон термодинамики, КПД тепловой машины, зависимость давления идеального газа от концентрации его молекул и средней кинетической энергии их теплового движения, определение сопротивления по графику зависимости силы тока от напряжения на концах проводника, закон Ома (при использовании показаний приборов на фотографии электрической цепи), энергия магнитного поля катушки с током, период свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, закон отражения света для заданий на определение изображения в собирающей линзе, состав атома и атомного ядра с использованием периодической таблицы химических элементов; для заданий на воспроизведение основных теоретических сведений по всем разделам курса физики; для заданий на анализ характера изменения физических величин для следующих процессов и явлений, например изменение сопротивления реостата в цепи постоянного тока; для заданий на интерпретацию графиков, отражающих зависимость физических величин, характеризующих равномерное и равноускоренное движение тела, движение тела, брошенного под углом к горизонту, движение тела по наклонной плоскости под действием силы трения.

Данной группой в целом продемонстрировано освоение предметных результатов и на повышенном уровне сложности, в том числе: проводить комплексный анализ физических процессов, например равноускоренного движения, представленного в виде графика зависимости координаты от времени; проводить сравнение двух изобарных процессов, представленных в виде графиков, изменение агрегатных состояний вещества, действие силы Ампера на проводник с током в магнитном поле; анализировать взаимодействие двух неподвижных точечных зарядов; возникновение индукционного тока в катушке, помещенной внутри другой катушки, при изменении протекающего по ней электрического тока; возникновение индукционного тока в проводящем и непроводящем кольцах при их движении в поле постоянного магнита.

Группа 3 показала хорошие результаты и для решения задач повышенного уровня сложности. Так, для качественных задач средний процент выполнения составил 46, при этом наиболее высокие результаты отмечены для заданий на изменение параметров газа в изопроцессах, представленных в виде графиков. Для расчетных задач линий 22 и 23 средний процент выполнения составил 49, более половины участников данной группы успешно справлялись с задачами на плавание тел, на расчет максимальной кинетической энергии тела с использованием графика зависимости координаты от времени, на применение уравнения теплового баланса. Ниже приведен пример задачи повышенного уровня сложности, с которой справляются участники экзамена, относящиеся к этой группе.

### Пример 17

*В стакан налили 30 г заварки температурой 20 °С и добавили 170 г горячей воды температурой 80 °С. Чему равна температура получившегося чая? Теплоёмкостью стакана и потерями тепла в окружающую среду пренебречь. Удельную теплоёмкость заварки считать равной удельной теплоёмкости воды.*

Как видно из приведенных выше средних результатов выполнения заданий различного уровня сложности, группа 3 допускает ошибки при решении расчетных задач высокого уровня сложности. Кроме того, средний процент решения качественных задач для участников из этой группы составил 46. Наиболее сложными оказались задачи на объяснение вращения рамки с током в магнитном поле и на движение поршня в сосуде с газом при изменении параметров газа.

Участники экзамена, относящиеся к группе 4, получили по результатам выполнения экзаменационной работы от 36 до 45 первичных баллов. Группа 4 с высоким уровнем подготовки демонстрирует освоение всех проверяемых предметных результатов и всех элементов содержания. Средний процент выполнения заданий базового уровня составляет 96,6, повышенного уровня – 89,2, высокого уровня – 72,5.

Участниками с высоким уровнем подготовки освоены все проверяемые предметные результаты и все контролируемые элементы содержания. При этом для части 1 экзаменационной работы характерно выполнение почти всех заданий с результатом выше 90 % выполнения. Исключение составляют двухбалльные задания по электродинамике (на комплексный анализ процессов и анализ характера изменения величин – 8 %) и задания теоретического характера на знание определений, законов и т.п. (84 %).

Среди задач повышенного уровня сложности качественные задачи выполнены в среднем с результатом 82 %, а расчетные – 92 %. Среди заданий высокого уровня сложности наиболее успешными оказались расчетные задачи по молекулярной физике и электродинамике (особенно по теме «Постоянный электрический ток»). Ниже приведен пример расчетной задачи высокого уровня сложности, с которой успешно справляются выпускники данной группы.

### Пример 18

*Сосуд разделён тонкой перегородкой на две части, отношение объёмов которых  $\frac{V_2}{V_1} = 3$ .*

*В первой и во второй частях сосуда находится воздух с относительной влажностью  $\varphi_1 = 60\%$  и  $\varphi_2 = 70\%$  соответственно. Какой будет относительная влажность воздуха в сосуде, если перегородку убрать? Считать, что температура воздуха в частях сосуда одинакова и не меняется до и после снятия перегородки.*

Представленный выше анализ результатов выполнения заданий КИМ ЕГЭ по физике показывает как успехи в овладении выпускниками предметных результатов обучения, так и дефициты освоения умений и элементов содержания, что, в свою очередь, позволяет предложить отдельные методические приемы для оптимизации процесса обучения предмету.

Низкие результаты выполнения заданий на проверку теоретических положений свидетельствуют о необходимости более тщательной проработки теоретического материала. При этом следует обращать внимание не только на определения физических величин и формулировки законов, но и на освоение и отработку свойств рассматриваемых в теме процессов. Как отмечалось и в методических рекомендациях прошлого года, наибольшие затруднения возникают у учащихся при анализе теоретических утверждений по тем темам, в которых либо отсутствуют расчетные задачи, либо их немного («Ток в различных средах», «Электромагнитная индукция», «Электромагнитные волны»,

«Физика атомного ядра»). Это означает, что в аппарате усвоения недостаточно дидактических материалов для отработки ведущих положений таких тем.

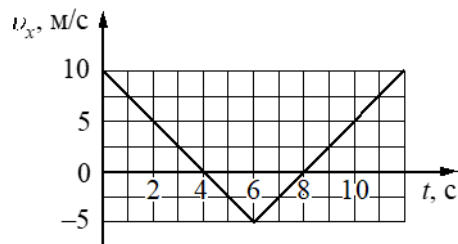
Как правило, «западающие» вопросы теории общеизвестны, но задания по их отработке практически не представлены в сборниках заданий. Поэтому в устных опросах или письменных миниэссе целесообразно акцентировать внимание на таких вопросах теории, например при изучении изменения агрегатных состояний вещества рассматривается изменение внутренней энергии при кристаллизации/плавлении, кипении/конденсации. При изучении электростатики трудности связаны прежде всего с непониманием явлений поляризации и электростатической индукции. (При помещении проводника в электростатическое поле наблюдается явление электростатической индукции. Весь электростатический заряд проводника расположен на его поверхности. Поверхность проводника, находящегося в электростатическом поле, является эквипотенциальной.) По каждой теме несложно выделить такие теоретические элементы, их необходимо повторить и при подготовке к экзамену.

Как было отмечено выше, важным метапредметным результатом обучения физике является овладение умениями по работе с графической информацией. В настоящее время достигнуты достаточно высокие результаты для заданий линии 1 с использованием графиков зависимости скорости тела от времени движения. Однако здесь для групп обучающихся со слабой и удовлетворительной подготовкой необходимо обратить внимание на определение *пути и перемещения* по графику зависимости проекции скорости тела от времени в ситуации, когда меняется направление движения тела. Пример такого задания приведен ниже.

#### Пример 19

Тело движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке представлен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени  $t$ .

- 1) Определите путь, пройденный телом за время от  $t_1 = 0$  с до  $t_2 = 6$  с.
- 2) Определите модуль перемещения тела за время от  $t_1 = 0$  с до  $t_2 = 6$  с.



Для определения пути учащиеся должны правильно выбрать два соответствующих треугольника на графике и посчитать их суммарную площадь: за время от 0 до 4 с тело прошло путь 20 м; за промежуток времени от 4 до 6 с – 5 м; общий путь – 25 м. При определении модуля перемещения необходимо понимание того, что в момент времени 4 с тело остановилось и начало двигаться в противоположном направлении, следовательно, модуль перемещения равен 15 м.

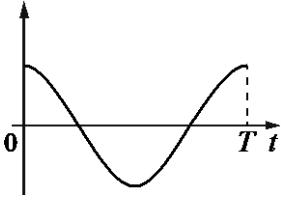
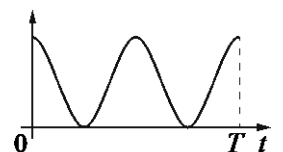
Согласно изложенному выше при выполнении заданий на определение схематического вида графиков зависимостей от времени физических величин, характеризующих процесс, затруднения вызывают графики для различных видов энергии. Здесь хочется обратить внимание на графики, характеризующие свободные электромагнитные колебания в контуре. Как показала апробация моделей этих заданий, в отличие от механики, здесь вызывают затруднения ситуации с условием, заданным аналитической формулой (зависимости для заряда одной из обкладок конденсатора, напряжения между обкладками конденсатора или силы тока в катушке). Пример такого задания приведен ниже.



Пример 20

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 изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре ( $T$  – период колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости 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
А)		1) сила тока в катушке 2) заряд одной из обкладок конденсатора 3) энергия электрического поля конденсатора 4) энергия магнитного поля катушки
Б)		

Ответ:

А	Б
2	3

Здесь нужно обратить внимание на анализ начальных условий по заданной формуле (в примере в начальный момент времени напряжение между обкладками конденсатора максимально, следовательно, конденсатор максимально заряжен, и энергия его электрического поля также максимальна). Дополнительно надо обратить внимание на то, что период колебаний энергии в 2 раза меньше периода колебаний в контуре.

Для групп учащихся с повышенным и высоким уровнями подготовки отсутствуют трудности в использовании данных из графиков при решении задач и определении вида графиков различных процессов. Однако и для них существует дефицит в освоении умений интерпретации графической информации и самостоятельного построения графиков с обоснованием последовательности действий. Для устранения этого дефицита целесообразно включать в формирующее оценивание и диагностические работы задания, в которых требуется самостоятельно построить график какого-либо процесса, при этом все данные для построения графика должны быть не представлены в явном виде, а получены за счет интерпретации данных из условия задания. Примером такого задания является приведенная ниже качественная задача.

### Пример 21

На рис. 1 приведена зависимость концентрации  $n$  идеального одноатомного газа от его давления  $p$  в процессе 1–2–3. Количество вещества газа постоянно. Постройте график этого процесса в координатах  $p$ – $V$  ( $V$  – объем газа). Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на рис. 2. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

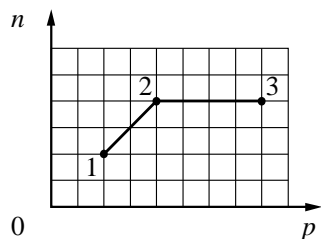


Рис. 1

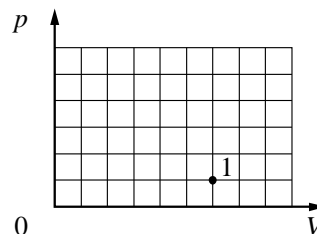


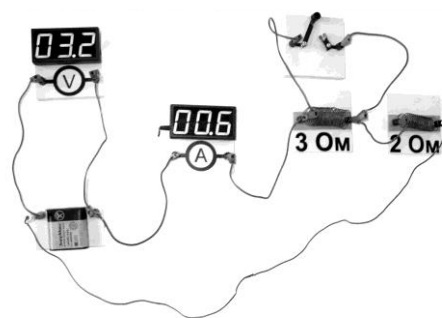
Рис. 2

Здесь недостаточно просто построить два участка графика для изотермического и изохорного процессов. Необходимо объяснить все шаги, которые привели к нужному построению. Для изотермического процесса необходимо показать, что концентрация газа обратно пропорциональна его объему:  $n = \frac{N}{V}$ , где  $N$  – число молекул газа, и что давление прямо пропорционально концентрации, а так как  $p = nkT$ , то  $T = \text{const}$ . И лишь после этого применять закон Бойля – Мариотта и определять координату точки 2 на графике. Аналогично и для второго участка: концентрация постоянна, значит, при  $N = \text{const}$  объем газа не меняется, процесс является изохорным нагреванием, в котором давление увеличивается в 2 раза. Таким образом, в процессе рассуждений обязательно должны присутствовать указания на связь между концентрацией газа и его объемом, на зависимость давления газа от его концентрации и температуры и закон Бойля – Мариотта.

Следует отметить, что для групп участников экзамена с повышенным и высоким уровнями подготовки основным недостатком в решении качественных задач остается либо пропуск логических шагов в объяснении, либо отсутствие указания на наблюдаемые явления и их свойства. Здесь очень показателен пример выполнения одного из заданий этого года.

### Пример 22

На фотографии изображена электрическая цепь. Начертите принципиальную схему этой электрической цепи. Опираясь на законы постоянного тока, объясните, как должны измениться (уменьшиться, увеличиться или остаться прежними) показания идеальных амперметра и вольтметра при замыкании ключа. Сопротивлением подводящих проводов и ключа пренебречь. Явление самоиндукции не учитывать.



Обязательными элементами объяснения являются следующие: показания амперметра характеризуются законом Ома для полной цепи:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ ; для показаний вольтметра нужно получить формулу  $U = \mathcal{E} - Ir$ , используя закон Ома для участка цепи; при замыкании ключа резистор 3 Ом закорачивается и сопротивление внешней цепи уменьшается.

При решении этой задачи 45 % участников получили 1 балл, и только 9 % – максимальный балл. Это означает, что никаких проблем со знанием законов Ома

для полной цепи и участка цепи нет. Дефицитом является метапредметное умение – построение собственного связного объяснения с опорой на эти законы.

Поэтому очень важно формировать умение выстраивать собственные объяснения на различных этапах изучения темы, используя разные формы работы. Прежде всего, это внимательное отношение к устным ответам обучающихся, например при фронтальном опросе. Нельзя удовлетворяться краткими, пусть и верными, окончательными ответами. Обязательно нужно добиваться связных, логически стройных объяснений.

И очень важно внимание к решению разнообразных качественных задач. Ведущим здесь остается вопросный метод, но он может преобразовываться в зависимости от этапа урока или уровня подготовки обучающихся. Хороший эффект дает решение качественной задачи учеником по наводящим вопросам учителя, которые могут быть как устными при изучении нового материала и устном решении задачи, так и письменными при его закреплении и решении задачи индивидуально в письменном виде.

В качестве домашних заданий можно использовать не только самостоятельное решение задач, но и знакомство учащихся с эталонными решениями, на которых могут базироваться их собственные решения аналогичных задач. Целесообразно проводить и работу над ошибками при использовании качественных задач в диагностике, добиваясь от учащихся полноты и правильности всех элементов объяснения.

Хочется обратить внимание на тот факт, что независимо от того, каким способом решается качественная задача – эвристическим, графическим или экспериментальным, необходимо получать в конце связный письменный текст, отражающий все логические шаги объяснения и содержащий все необходимые ссылки на законы, формулы или свойства явлений и процессов.

В 2025 г. структура КИМ ЕГЭ по физике останется без изменений. Однако будет немного расширен спектр проверяемых элементов содержания для заданий с кратким ответом базового уровня сложности и расширена тематика отдельных линий заданий части 2 работы.

Ниже указаны изменения в четырех линиях заданий части 1 работы и приведены примеры заданий на дополнительные элементы содержания.

В линии 2, кроме второго закона Ньютона, сил упругости и силы трения, будут задания на проверку закона всемирного тяготения.

В часть 1 КИМ не включены задания на расчет силы всемирного тяготения, как правило, используются задания на определение изменения силы в связи с изменением масс тел или расстояния между ними (см. пример 23).

#### *Пример 23*

*Два маленьких шарика с одинаковой массой  $m$ , расстояние между которыми равно  $r$ , притягиваются друг к другу с гравитационными силами, равными по модулю  $0,6 \text{ нН}$ . Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного равна  $3m$ , масса другого –  $\frac{m}{3}$ , а расстояние между их центрами –  $\frac{r}{2}$ ?*

*Ответ: \_\_\_\_\_ 2,4 \_\_\_\_\_ нН.*

Целесообразно обратить внимание на модель задания, пример которого приведен ниже.

#### Пример 24

Расстояние от искусственного спутника до поверхности Земли равно двум радиусам Земли. Во сколько раз увеличится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до поверхности Земли станет равным одному радиусу Земли?

Ответ: в \_\_\_\_\_ 2,25 \_\_\_\_\_ раз(а).

Здесь типичная ошибка обучающихся – неверное понимание текста задания, а именно о расстояниях между взаимодействующими объектами, поскольку указывается расстояние не от центра планеты, а от ее поверхности.

Линия 4 будет дополнена заданиями на звуковые волны, скорость звука.

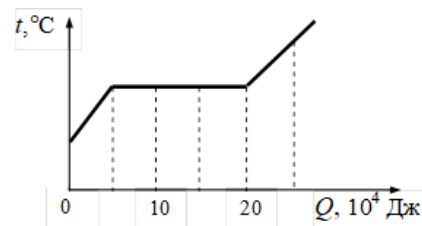
Здесь будут использоваться две модели заданий: на расчет параметров по формуле для длины волны через скорость распространения звуковой волны в среде и ее частоту и задания на применение той же формулы для наблюдения эха.

Линия 8 будет включать задания: на количество теплоты; удельную теплоемкость вещества  $c$ :  $Q = cm\Delta T$ ; удельную теплоту парообразования  $L$ :  $Q = Lm$ ; удельную теплоту плавления  $\lambda$ :  $Q = \lambda m$ ; удельную теплоту сгорания топлива  $q$ :  $Q = qm$ .

Как правило, задания с несложными расчетами по этим формулам не вызывают особых трудностей у выпускников, но следует обратить внимание на работу со справочными данными в начале варианта и на работу с графиками зависимости температуры от полученного/отданного количества теплоты (см. пример 25).

#### Пример 25

На рисунке показан график изменения температуры вещества  $t$  по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Вещество находится в сосуде под поршнем. Масса вещества равна 0,3 кг. Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота парообразования вещества?



Ответ: \_\_\_\_\_ 500 \_\_\_\_\_ кДж/кг.

В линию 16 включены задания на закон радиоактивного распада.

Здесь приоритетными будут задания по графикам на определение периода полураспада и задания на формулы  $N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$  и  $m(t) = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ , где  $m$  – масса радиоактивного вещества. Рекомендуется обратить внимание на две приведенные ниже модели заданий, которые в предыдущие годы вызывали затруднения у слабоподготовленных участников экзамена.

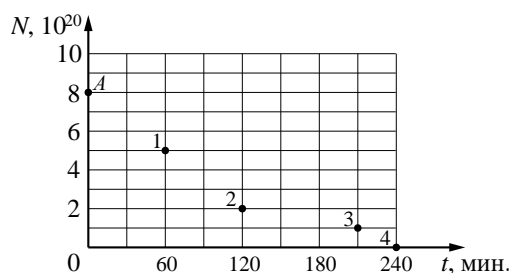
#### Пример 26

Закон радиоактивного распада ядер некоторого изотопа имеет вид:  $N = N_0 \cdot 2^{-\lambda t}$ , где  $\lambda = 0,05 \text{ с}^{-1}$ . Каков период полураспада ядер?

Ответ: \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ с.

**Пример 27**

Ядра нептуния  ${}^{240}_{93}\text{Np}$  испытывают  $\beta^-$ -распад с периодом полураспада 60 мин. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер нептуния. Через какую из точек, кроме точки А, пройдет график зависимости от времени числа ядер радиоактивного нептуния в образце?



Ответ: через точку 2.

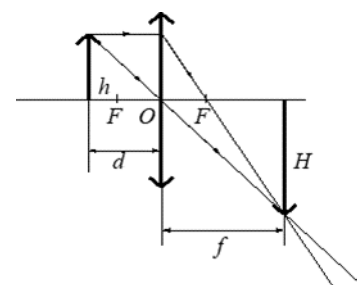
В части 2 работы изменения в содержательном наполнении коснулись линий заданий 21, 22, 23 и 26.

- В линии 21 будут предложены качественные задачи не только по молекулярной физике и электродинамике, но и по механике.
- В линии 22, кроме традиционных задач по механике, могут встретиться и задачи по молекулярной физике, если качественная задача в этой серии вариантов окажется по механике.
- В линии 23 могут стоять задачи по молекулярной физике, если качественная задача по электродинамике, и по электродинамике, если задача 21 по молекулярной физике или механике. Соответственно, последних заданий будет в процентном отношении больше. В КИМ 2025 г. эти задачи будут, как правило, по оптике: либо по геометрической оптике на применение формулы линзы, либо по волновой оптике на применение формулы для дифракционной решетки. Ниже приведены примеры таких типов заданий.

**Пример 28**

Тонкая линза, оптическая сила которой равна 4 дптр, даёт действительное, увеличенное в 5 раз изображение предмета. На каком расстоянии от линзы находится предмет? Постройте изображение предмета в линзе.

Напомним, что для полного верного решения таких задач необходимо представить изображение предмета в линзе, используя свойства луча, проходящего через главный оптический центр линзы, и луча, параллельного главной оптической оси. При этом изображение должно в целом отражать ситуацию задачи, т.е. быть действительным и увеличенным как в представленном примере (см. рисунок справа).



Кроме того, должны быть записаны формула тонкой линзы  $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$  с учетом знаков для мнимого изображения, если это соответствует ситуации задачи, и формула для увеличения линзы  $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ .

**Пример 29**

На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 см, падает по нормали параллельный пучок белого света. Между решёткой и экраном вплотную к решётке расположена линза, которая фокусирует свет, проходящий через решётку, на экране. Чему равно расстояние от линзы до экрана, если ширина спектра второго порядка на экране равна 8 см? Длины красной и фиолетовой световых волн соответственно равны  $8 \cdot 10^{-7}$  м и  $4 \cdot 10^{-7}$  м. Считать угол  $\varphi$  отклонения лучей решёткой малым, так что  $\sin \varphi \approx \text{tg} \varphi \approx \varphi$ .

Здесь, кроме формул для периода дифракционной решетки и формулы для дифракционной решетки  $d \sin \varphi = k\lambda$ , необходимо еще геометрическое соотношение  $\frac{x}{L} = \frac{k\lambda}{d}$ , где  $x$  – расстояние от центра экрана до максимума данного порядка,  $L$  – расстояние от линзы до экрана, так как по условию  $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi$ . Кроме того, нужно обратить внимание учащихся на то, что расстояние от дифракционной решетки до экрана в условии задачи равно фокусному расстоянию линзы, поскольку в некоторых задачах это требуется для решения.

В линии 26 традиционно предлагаются задачи по механике с обоснованием используемых законов. В следующем году к задачам на связанные тела и на применение законов сохранения в механике добавится достаточно большой блок задач по статике.

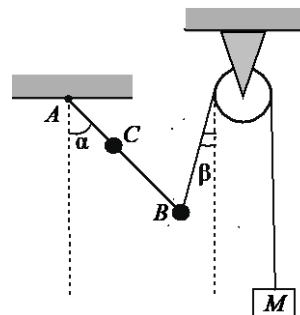
Напомним, что в обосновании для задач по статике необходимо указать на следующее:

- выбор инерциальной системы отсчета;
- использование модели абсолютно твёрдого тела;
- условия равновесия твёрдого тела относительно поступательного и вращательного движений.

Однако, в задачах по статике могут встречаться и дополнительные условия, которые должны быть отражены в обосновании (см. пример 30).

### Пример 30

Невесомый стержень  $AB$  с двумя малыми грузиками массами  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 200$  г, расположенными в точках  $C$  и  $B$  соответственно, шарнирно закреплён в точке  $A$ . Груз массой  $M = 200$  г подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии, если стержень отклонён от вертикали на угол  $\alpha = 45^\circ$ , а нить составляет угол с вертикалью,  $\beta = 15^\circ$ . Расстояние  $AC = b = 25$  см. Определите длину  $l$  стержня  $AB$ , пренебрегая трением в шарнире. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз  $M$  и стержень. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**

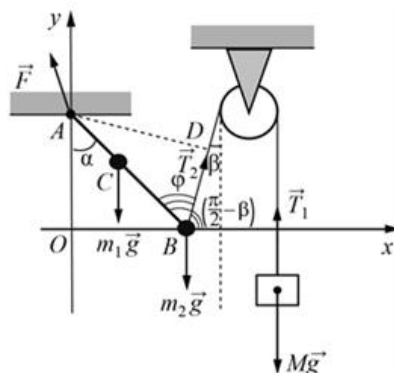


В этой задаче дополнительными являются условия для груза, нити и блока.

#### Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчета, связанной с Землей. Будем считать эту систему отсчета инерциальной (ИСО).
2. Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остается неизменным).
3. Стержень находится в равновесии относительно вращательного движения, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку  $A$ , равна нулю.
4. Груз описываем моделью материальной точки.
5. Нить нерастяжима, поэтому если покоится груз, то покоится и стержень.
6. Груз находится в покое относительно поступательного движения, следовательно, сумма сил, действующих на него, равна нулю.
7. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой ее точке один и тот же.

Важной частью решения задач по статике является рисунок с указанием действующих сил. Ниже показан рисунок для задачи из приведенного выше примера.



Необходимо взять за основу рисунок из условия задачи, дополнить его системой отсчета, указанием всех сил в соответствии с требованиями условия, обратив внимание на направление действия, и необходимыми дополнительными элементами. Например, в этой задаче требуется указать силы, действующие на груз и стержень, обратить внимание на направление силы, действующей на стержень в точке  $A$ , и дополнить рисунок углами, используемыми при решении задачи.

Методическую помощь учителям и обучающимся при подготовке к ЕГЭ могут оказать материалы с сайта ФИПИ ([www.fipi.ru](http://www.fipi.ru)):

- документы, определяющие структуру и содержание КИМ ЕГЭ 2025 г.;
- открытый банк заданий ЕГЭ;
- Навигатор самостоятельной подготовки к ЕГЭ по физике;
- Учебно-методические материалы для председателей и членов региональных предметных комиссий по проверке выполнения заданий с развернутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ;
- Методические рекомендации на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ прошлых лет (2015–2023 гг.);
- Методические рекомендации для учителей по преподаванию учебных предметов в образовательных организациях с высокой долей обучающихся с рисками учебной неуспешности. Физика;
- журнал «Педагогические измерения»;
- видеоконсультации Рособрнадзора по подготовке к ЕГЭ 2016–2024 гг.

**Основные результаты выполнения экзаменационной работы ЕГЭ 2024 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)<sup>1</sup> КИМ по физике – 0,9.

№	Проверяемые требования (умения)	Коды проверяемых требований (умений) (по КТ)	Коды проверяемых элементов содержания (по КЭС)	Уровень сложности задания	Максимальный балл	Примерное время выполнения задания (мин.)	Средний процент выполнения
<b>Часть 1</b>							
1	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	1.1.5, 1.1.6	Б	1	3	83,2
2	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	1.2.4, 1.2.7, 1.2.8	Б	1	3	91,9
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	3	84,1
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	Б	1	3	76,2
5	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики	3	1	П	2	8	63,3
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	8	71,2

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



7	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	2.1.8, 2.1.9, 2.1.10, 2.1.12	Б	7	3	84,3
8	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	2.2.6, 2.2.7, 2.2.9, 2.2.10	Б	8	3	78,4
9	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики	3	2	П	9	8	62,9
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	8	75,3
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	3	77,7
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	3	81,2
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	3	72,9
14	Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики	3	3	П	2	8	47,3
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	8	55,4
16	Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы	1, 2	4.2.1, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.4	Б	1	3	77,8

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	8	76,8
18	Правильно трактовать физический смысл изученных физических величин, законов и закономерностей	2	1–4	Б	2	8	55,0
19	Определять показания измерительных приборов	7	1–3	Б	1	4	82,0
20	Планировать эксперимент, отбирать оборудование	7	1–4	Б	1	4	85,5
<b>Часть 2</b>							
21	Решать качественные задачи, использующие типовые учебные ситуации с явно заданными физическими моделями	6	2, 3	П	3	25	37,2
22	Решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул из одного раздела курса физики	5	1	П	2	15	39,9
23	Решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул из одного раздела курса физики	5	2, 3	П	2	15	38,0
24	Решать расчётные задачи с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики	5	2	В	3	25	21,6
25	Решать расчётные задачи с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики	5	3	В	3	25	23,9

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, 1.2, 1.4	В	4	28	К1 – 18,2 К2 – 19,8
----	--	---	---------------	---	---	----	------------------------