

Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2021 года по физике

**Демидова
Марина Юрьевна**

доктор педагогических наук, ведущий научный сотрудник
ФГБНУ «ФИПИ», руководитель комиссии по разработке
КИМ для ГИА по физике,
demidova@fipi.ru

**Грибов
Виталий Аркадьевич**

кандидат физико-математических наук, доцент МГУ
имени М.В. Ломоносова, заместитель руководителя
комиссии по разработке КИМ для ГИА по физике,
fipi@fipi.ru

Ключевые слова: КИМ ЕГЭ по физике, основные результаты ЕГЭ по физике в 2021 г., анализ результатов по блокам умений, анализ результатов по группам учебной подготовки, изменения КИМ ЕГЭ-2022 по физике.

Контрольно-измерительные материалы ЕГЭ по физике 2021 г. состояли из двух частей и включали в себя 32 задания, различающихся формой и уровнем сложности. Часть 1 содержала 24 задания с кратким ответом: с записью ответа в виде числа, слова или двух чисел; на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр. Часть 2 содержала восемь заданий (два задания с кратким ответом и шесть заданий с развёрнутым ответом), объединённых общим видом деятельности — решение задач.

В экзаменационной работе по физике контролировались элементы содержания из всех разделов (тем) школьного курса физики: «Механика» (кинематика, динамика, статика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны); «Молекулярная физика» (молекулярно-кинетическая теория, термодинамика); «Электродинамика и основы СТО» (электрическое поле, постоянный ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика, основы СТО); «Квантовая физика и элементы астрофизики» (корпускулярно-волновой дуализм, физика атома, физика атомного ядра, элементы астрофизики). Наиболее важные содержательные элементы могли проверяться заданиями разных уровней сложности. В целом все серии вариантов обеспечивают диагностику освоения всех включённых в кодификатор содержательных элементов.

Экзаменационная работа включала в себя задания трёх уровней сложности: базового, повышенного и высокого. Задания базового уровня были представлены только в части 1 работы: 21 задание с кратким ответом, из которых 13 заданий с записью ответа в виде числа или слова, и восемь заданий на соответствие или изменение физических величин. Задания повышенного уровня — это три задания с кратким ответом в части 1, два задания с кратким ответом и два задания с развёрнутым ответом в части 2. Эти задания направлены на проверку умения использовать понятия и законы физики для анализа различных процессов и явлений, а также умения решать расчётные

и качественные задачи. В части 2 было представлено четыре задания с развёрнутым ответом высокого уровня сложности, представляющих собой расчётные задачи. Минимальное количество баллов ЕГЭ по физике, подтверждающее освоение выпускником программы среднего общего образования по физике, соответствует требованиям стандарта для изучения физики на базовом уровне. Использование в экзаменационной работе заданий повышенного и высокого уровней сложности позволяло оценить степень подготовленности учащегося к продолжению образования в вузе.

Часть 2 экзаменационной работы полностью посвящена решению задач. Каждый вариант включал в себя задачи различного уровня сложности по всем разделам, что позволяло проверить умение применять физические законы и формулы как в типовых учебных ситуациях, так и в нетрадиционных ситуациях, требующих проявления достаточно высокой степени самостоятельности при комбинировании известных алгоритмов действий или создании собственного плана выполнения задания.

Содержание КИМ ЕГЭ по физике в 2021 г. оставлено без изменений по сравнению с экзаменационной работой 2020 г. Минимальная граница составляла 11 первичных баллов. Максимальный балл за выполнение всех заданий экзаменационной работы составлял 53 балла. На выполнение

всей экзаменационной работы отводилось 235 минут.

Число участников основного периода ЕГЭ по физике в 2021 г. составило 129 907 человек, среди которых 95% — это выпускники текущего года. В течение последних лет наблюдается постепенное снижение численности участников экзамена: 140 711 человек в 2020 г., 152 493 человека в 2019 г., 153 928 человек в 2018 г.

Наибольшее число участников ЕГЭ по физике отмечается в г. Москве (10 557), Московской области (6589), г. Санкт-Петербурге (5497), Краснодарском крае (4739), Самарской области (4402) и Республике Башкортостан (3908).

Средний балл ЕГЭ по физике 2021 г. немного повысился по сравнению с прошлым годом. Распределение участников экзамена по тестовым баллам и, соответственно, по уровням подготовки продемонстрировало усиление дифференциации результатов: возросла доля участников, не достигших минимальной границы, и увеличились доли выпускников с повышенным (61–80 баллов) и высоким (81–100 баллов) уровнями подготовки.

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

Минимальный балл ЕГЭ по физике в 2021 г., как и в 2020 г., составил 36 т.б., что соответствует 11 первичным баллам. Доля участников экзамена, не преодолевших минимального балла в 2021 г.,

Распределение участников ЕГЭ-2021 по физике по первичным баллам (максимальный балл – 53)

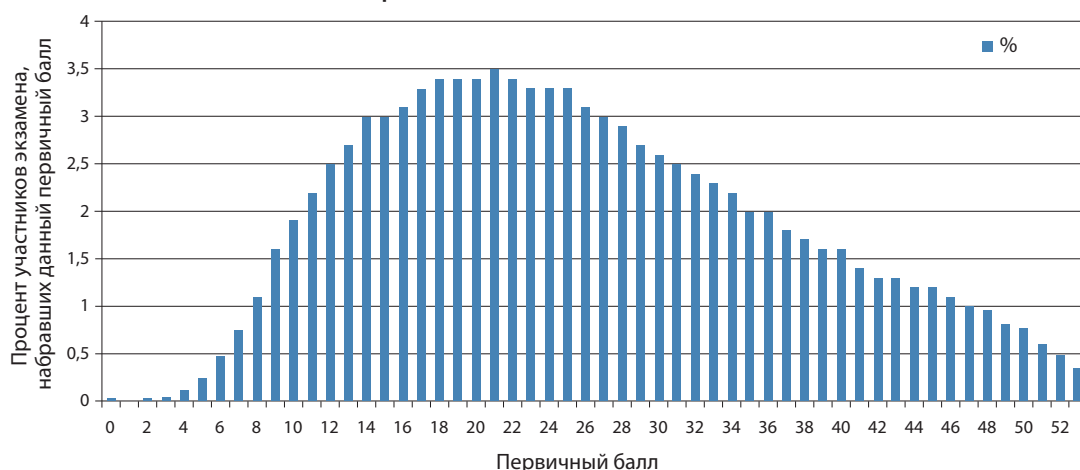


Рис. 1

Таблица 1

Раздел курса физики	Средний % выполнения по группам заданий	
	2020 г.	2021 г.
Механика	58,8	59,1
Молекулярная физика	54,4	57,4
Электродинамика и основы СТО	48,1	49,5
Квантовая физика и элементы астрофизики	55,4	52,5

составила 6,44%, что сопоставимо с аналогичными показателями 2020 и 2019 гг. (в 2020 г. — 5,79%; в 2019 г. — 7,11%).

Стобалльники есть в 61 регионе, в 2020 г. таких регионов было 64, а в 2019 г. — 61.

В 2021 году доля участников экзамена, набравших 81–100 баллов, составила 9,7%, что немного выше показателя прошлого года.

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

В таблице 1 приведены результаты выполнения заданий экзаменационной работы по содержательным разделам школьного курса физики в течение двух лет.

С учётом изменения тематики задач с развёрнутым ответом можно говорить о стабильном результате. К сожалению, результаты выполнения заданий по электродинамике остаются существенно ниже, чем по остальным разделам. Традиционно наиболее высокие результаты демонстрируются для заданий по механике.

В таблице 2 приведены результаты выполнения групп заданий, направленных на

оценку различных способов действий, формируемых в процессе обучения физике.

Данные таблицы 2 демонстрируют стабильность показателей для применения законов и формул в типовых учебных ситуациях и для анализа и объяснения явлений и процессов. Результаты по группе заданий на проверку методологических умений улучшились. Отрадно отметить, что выросли средние результаты решения задачи 2 работы. Это произошло преимущественно за счёт роста результатов высокобалльников.

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

По сравнению с прошлым годом задания базового и повышенного уровней выполняются на том же уровне. Однако отмечен рост результатов для заданий высокого уровня. Таким образом, высокобалльники, прежде всего, улучшили результаты по решению расчётных задач высокого уровня сложности. Как и в 2020 г., можно говорить о продолжающемся росте дифференциации между слабо подготовленной группой участников экзамена и группой высокобалльников.

Таблица 2

Способы действий	Средний % выполнения по группам заданий	
	2020 г.	2021 г.
Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях	67,7	66,0
Анализ и объяснение явлений и процессов	62,1	62,8
Методологические умения	70,9	75,5
Решение задач	20,7	24,5

Таблица 3

Группы заданий различного уровня сложности	Средний % выполнения по группам заданий	
	2020 г.	2021 г.
Базового уровня	65,6	65,9
Повышенного уровня	44,3	45,0
Высокого уровня	13,2	16,0

На рисунке 2 приведена диаграмма средних процентов выполнения по каждой линии заданий для экзаменационной работы 2021 г.

Исходя из общепринятых норм, содержательный элемент или умение считается усвоенным, если средний процент выполнения соответствующей им группы заданий с кратким и развёрнутым ответами превышает 50%.

По результатам выполнения групп заданий, проверяющих одинаковые элементы содержания и требующих для их выполнения одинаковых умений, можно говорить об усвоении элементов содержания и умений:

- вычислять значение физической величины с использованием изученных законов и формул в типовой учебной ситуации: второй закон Ньютона, сила упругости, сила трения, закон всемирного тяготения, закон сохранения механической энергии, кинетическая энергия, импульс тела, закон сохранения импульса, гидростатическое давление столба жидкости, условие равновесия рычага, скорость звука, зависимость средней кинетической энергии теплового

движения молекул от температуры, основное уравнение МКТ, уравнение состояния идеального газа, работа газа, первый закон термодинамики, количество теплоты, КПД тепловой машины, относительная влажность воздуха, количество теплоты, формула для силы тока, закон Ома для участка цепи, период полураспада;

- устанавливать соответствие физических величин, характеризующих процессы, и формул, по которым их можно рассчитать: движение тела под углом к горизонту; параметры газа в изопроцессах; формулы, характеризующие изменение агрегатных состояний вещества; ток в цепях постоянного тока с последовательным и параллельным соединением проводников; преломление света;

- интерпретировать графики, отражающие зависимость физических величин, характеризующих равномерное и равноускоренное движение тела, свободное падение тела, изменение агрегатных состояний вещества, электромагнитные колебания в колебательном контуре;

- определять путь, пройденный телом, по графику зависимости скорости от

Средний процент выполнения по линиям заданий

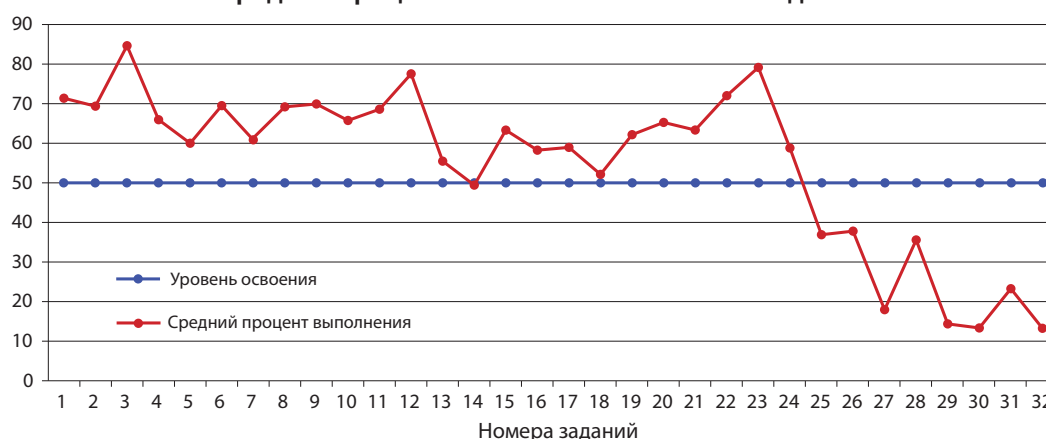


Рис. 2

времени; скорость по графику зависимости координаты от времени, ускорение по графику зависимости проекции скорости от времени, строить изображение в собирающей линзе;

- определять направление силы Ампера, силы Лоренца, состав атома и атомного ядра, массовое и зарядовое числа ядер в ядерных реакциях;

- анализировать изменения характера физических величин для следующих процессов и явлений: вращательное движение диска, движение спутников, изменение параметров газов в изопроцессе, изменение параметров конденсатора, плавание тел, изменение параметров цепи постоянного тока, явление фотоэффекта, изменение числа частиц при радиоактивных превращениях;

- проводить комплексный анализ физических процессов: равноускоренное движение; движение под действием силы трения по наклонной плоскости; движение тела, брошенного под углом к горизонту; равномерное и равноускоренное движение, представленное в виде графика зависимости координаты от времени; колебания математического маятника (данные таблицы); изопроцессы в идеальном газе, представленные при помощи графика; проводники и диэлектрики в электростатическом поле; взаимодействие заряженных тел; насыщенные и ненасыщенные пары, влажность воздуха; возникновение ЭДС индукции в движущемся проводнике; преломление света;

- записывать показания измерительных приборов (динамометр, термометр, амперметр, вольтметр) с учётом погрешности измерений;

- выбирать недостающее оборудование для проведения косвенных измерений и экспериментальную установку для проведения исследования;

- характеризовать свойства космических объектов (планеты Солнечной системы, спутники планет, звёзды) с использованием табличных данных и диаграммы Герцшпрунга—Рессела.

К дефицитам можно отнести умения, которые контролировали группы заданий:

- определять значение физической величины с использованием изученных законов и формул в типовой учебной си-

туации: сила Архимеда при плавании тела; независимость периода колебаний математического маятника от массы груза; сравнение работы газа с использованием графика зависимости давления от объёма; закон Кулона; совместное использование закона Кулона и закона сохранения заряда; закон Ома для участка цепи (расчёт цепей постоянного тока); формула Томсона, ЭДС самоиндукции, частота электромагнитных колебаний в колебательном контуре, импульс фотона; закон радиоактивного распада;

- анализировать изменения характера физических величин для следующих процессов и явлений: плавание тел; движение заряженной частицы в магнитном поле (период обращения); явление фотоэффекта (максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона); излучение света атомом;

- интерпретировать графики, отражающие зависимость физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в колебательном контуре (графики для энергии электрического и магнитного полей);

- определять направление силы Ампера, действующей на проводник с током со стороны другого проводника, и силы Лоренца, действующей на заряженную частицу, движущуюся вдоль проводника с током;

- снимать показания приборов: манометр (по фотографии экспериментальной установки);

- решать расчётные задачи повышенного уровня сложности;

- решать качественные задачи;

- решать расчётные задачи высокого уровня сложности.

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

Применение законов и формул в типовых учебных ситуациях

В экзаменационную работу было включено десять заданий базового уровня с кратким ответом в виде числа, которые в совокупности по всем вариантам проверяли понимание всех основных законов и формул курса физики средней школы.

Как видно из приведённого выше перечня проверяемых элементов содержания, большинство из них можно отнести к освоенным. Остановимся на трудностях, которые испытывали участники экзамена, выполняя задания базового уровня сложности на применение законов и формул в типовых учебных ситуациях.

Традиционно вызывают сложности задания на квадратичные зависимости, связанные с законом всемирного тяготения и законом Кулона (см. примеры 1 и 2).

Пример 1

(средний процент выполнения — 46)

Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии 40 см друг от друга. Каково расстояние между шариками вдвое большей массы, если модуль сил гравитационного взаимодействия между ними такой же, как и между первыми двумя шариками?

Ответ: _____ 80 _____ см.

Пример 2

(средний процент выполнения — 36)

Одинаковые положительные точечные заряды $q = 2 \times 10^{-8}$ Кл расположены в вакууме на расстоянии 0,3 м друг от друга. Определите модуль сил, с которыми заряды действуют друг на друга.

Ответ: _____ 0,04 _____ мН.

Как видно из приведённых выше примеров, задания на расчёт величины оказываются более сложными, чем задания на сравнение величин при изменении других величин, входящих в формулу. Анализ веера ответов показывает, что ошибки связаны прежде всего с действиями со степенями и, соответственно, с неверным переводом в должные единицы. У этих заданий очень высокий коэффициент дискриминации, то есть слабо подготовленные участники ЕГЭ с ними практически не справляются, а сильные выполняют хорошо. Например, для задания из примера 2 процент выполнения для группы слабых участников экзамена составляет 1,5, а для группы сильных — 81. Это говорит о необходимости налаживания более плотных межпредметных связей с математикой. Возможным вариантом является использование специальных тренажёров по вы-

полнению заданий базового уровня с использованием разнообразных расчётов в рамках домашних заданий именно для слабых (с точки зрения математической подготовки) обучающихся.

К сожалению, существенные затруднения вызывают задания с использованием лишних данных. Пример такого задания на расчёт силы Архимеда приведён ниже.

Пример 3

(средний процент выполнения — 46)

Полый стальной шар массой 10 кг плавает на поверхности озера. Объём шара равен 15 дм³. Чему равна сила Архимеда, действующая на шар?

Ответ: _____ 100 _____ Н.

Здесь часть участников ЕГЭ считают силу Архимеда по привычной формуле, через плотность воды и объём шара, не обращая внимания на то, что шар плавает, а значит, выталкивающая сила равна по модулю силе тяжести, действующей на шар.

Среди заданий на колебания сложной оказалась группа заданий на изменение периода или частоты колебаний математического маятника, в которых кроме длины нити изменяли ещё и массу груза (см. пример 4).

Пример 4

(средний процент выполнения — 44)

Во сколько раз уменьшится частота малых свободных колебаний математического маятника, если длину нити увеличить в 9 раз, а массу груза уменьшить в 4 раза?

Ответ: в _____ 3 _____ раз(а).

Две трети экзаменуемых не знали о независимости частоты колебаний от массы груза и пытались получить ответ, комбинируя формулу для математического и пружинного маятников. Это результат своеобразного проявления «меловой физики». Необходимо при изучении колебаний математического и пружинного маятников обязательно проводить исследование зависимости или независимости периода колебаний маятников от различных величин. В этом случае формулы осваиваются и запоминаются гораздо быстрее и качественнее.

Как и в прошлом году, ниже ожидаемого выполнены задания на совместное использование закона Кулона и закона сохранения заряда (см. пример 5). Проблема здесь — в определении зарядов шариков после взаимодействия.

Пример 5

(средний процент выполнения — 40)

Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды $q_1 = +4$ нКл и $q_2 = -8$ нКл, если шарiki привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

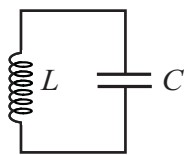
Ответ: в _____ 8 _____ раз(а).

По сравнению с прошлыми годами снизились результаты выполнения заданий на понимание формул, описывающих изменение силы тока и напряжения при свободных электромагнитных колебаниях в контуре. Ниже приведён пример задания текущего года на определение периода колебаний колебательного контура с использованием формулы для изменения напряжения на обкладках конденсатора. Средние проценты выполнения этого задания в предыдущих годах: 37 в 2018 г., 31 в 2019 г.

Пример 6

(средний процент выполнения — 29)

В колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону $U_C = U_0 \cos \omega t$, где $U_0 = 5$ В, $\omega = \pi \cdot 10^6$ с⁻¹. Определите частоту колебаний силы тока в контуре.



Ответ: _____ 500 _____ кГц.

Аналогичные задания для механических колебаний выполняются более успешно, что говорит о проблеме с переносом знаний о механических колебательных процессах на электромагнитные колебания.

В разделе «Квантовая физика и элементы астрофизики» только одна группа заданий была выполнена ниже уровня освоения материала (см. пример 7).

Пример 7

(средний процент выполнения — 40)

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

Ответ: _____ 20 _____ с.

В данном случае больше половины экзаменуемых не владеют математической записью закона радиоактивного распада, хотя, судя по результатам выполнения других заданий, хорошо представляют себе физический смысл периода полураспада.

Применение законов и формул проверялось в КИМ по физике и заданиями на соответствие, в частности физических величин и формул, по которым их можно рассчитать. Средние проценты выполнения таких заданий по механике — 63, по молекулярной физике — 64, по электродинамике — 51. Приведём пример задания, вызвавшего наибольшие затруднения (см. пример 8).

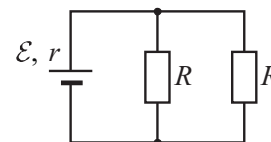
В этом задании с нахождением мощности тока, выделяющегося на одном из резисторов, справились 32% обучающихся. И основной ошибкой здесь был выбор ответа 1, то есть ошибка в определении силы тока через один из резисторов. Основное же затруднение было связано с непониманием физического смысла мощности сторонних сил (мощности, выделяемой на внешнем и внутреннем участках цепи).

Рассмотрим задания, в которых необходимо было проявить умение понимать и интерпретировать графики различных зависимостей. В целом участники экзамена показали высокие результаты при выполнении заданий линии 1 на определение ускорения и пути по графику зависимости проекции скорости от времени и на определение скорости по графику зависимости координаты от времени. Результат выполнения этой группы заданий составил 71%. Выше границы освоения оказались и результаты заданий на соответствие, в которых необходимо было установить соответствие между видом зависимости и физической величиной для случаев движения тела по наклонной плоскости, движения тела, брошенного под углом к горизонту, и равноускоренного движения,

Пример 8

(средний процент выполнения — 19)

Электрическая цепь на рисунке состоит из источника постоянного напряжения с ЭДС E и внутренним сопротивлением r и внешней цепи из двух одинаковых резисторов сопротивлением R , включённых параллельно. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) мощность тока, выделяющаяся на одном из резисторов R

Б) мощность сторонних сил в источнике тока

$$1) \frac{E^2 R}{2 \left(r + \frac{R}{2} \right)^2}$$

$$2) \frac{E^2}{r + \frac{R}{2}}$$

$$3) \frac{E^2 R}{4 \left(r + \frac{R}{2} \right)^2}$$

$$4) \frac{E^2 r}{\left(r + \frac{R}{2} \right)^2}$$

Ответ:

А	Б
3	2

представленного в виде графика зависимости координаты от времени (средний процент выполнения — 58).

Несколько хуже выполнены аналогичные задания в разделе «Электродинамика». Так, с определением заряда, прошедшего по проводнику с течением времени, по графику зависимости силы тока от времени справляется 51% выпускников. С определением модуля ЭДС самоиндукции по графику зависимости силы тока от времени — 52% участников экзамена. Традиционные проблемы возникают с распознаванием графиков электромагнитных колебаний в контуре (см. пример 9).

В этом задании полностью верный ответ смогли привести всего 24% участников экзамена. Как показывает анализ веера ответов, основная ошибка состояла именно в узнавании графика для энергии магнитного поля катушки. Судя по вееру ответов,

часть участников, верно интерпретировавших это график как график для энергии, не смогла оценить начальные условия (минимальное значение в начальный момент времени) и соотнести это с отсутствием тока в катушке в начальный момент времени и, следовательно, с энергией магнитного поля катушки.

Наибольшие затруднения отмечены для заданий на сравнение работы газа с использованием графика зависимости давления от объёма. Пример такого задания приведён ниже (см. пример 10).

Можно предположить, что основным затруднением здесь оказалось отсутствие цифр на осях графика, вызвавшее необходимость определять работу по площади по клеточкам.

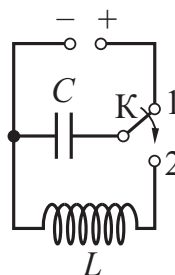
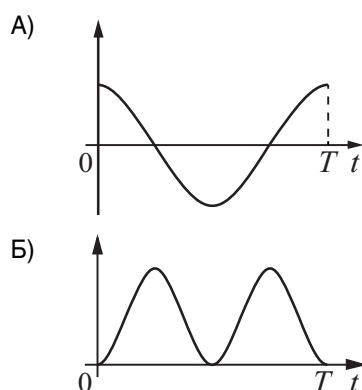
Другим заданием, традиционно вызывающим затруднения, является определение удельной теплоты плавления или

Пример 9

Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель K переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения физических величин, характеризующих свободные электромагнитные колебания в контуре после этого (T — период колебаний).

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени 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****ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) энергия магнитного поля катушки
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) модуль напряжения на конденсаторе
- 4) заряд правой обкладки конденсатора

Ответ:

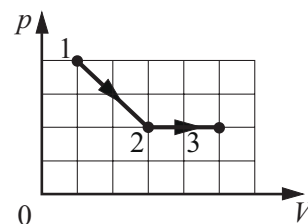
А	Б
4	1

Пример 10

(средний процент выполнения — 37)

На pV -диаграмме (см. рисунок) показано, как изменялось давление газа при его переходе из состояния 1 в состояние 3. Каково отношение $\frac{A_{12}}{A_{23}}$ работ газа в процессах 1–2 и 2–3?

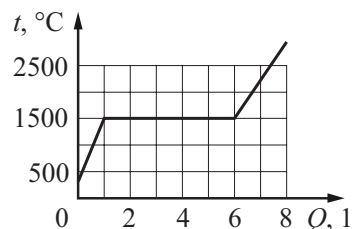
Ответ: _____ 1,5 _____.

**Пример 11**

(средний процент выполнения — 39)

Брусек из неизвестного металла массой 2 кг поместили в печь и стали его нагревать. На рисунке приведён график зависимости температуры металла t от переданного ему количества теплоты Q . Чему равна удельная теплота плавления металла?

Ответ: _____ 250 _____ кДж/кг.



парообразования по графикам зависимости температуры вещества от полученного количества теплоты (пример 11).

Наиболее распространённые неверные ответы здесь — 300 и 50, то есть экзаменуемые либо не учитывали время нагревания

бруска до температуры плавления, либо вообще не помнили формулу для удельной теплоты плавления, оперируя с температурой плавления.

Задания линии 13 оценивали умение определять направление векторных величин: вектора магнитной индукции тока, силы Ампера и силы Лоренца. В среднем результат выполнения заданий этой линии в 2021 г. составил 56%, что ниже показателя прошлого года — 61%. Это связано с тем, что наиболее простые задания на определение направления силы Кулона в этом году не использовались. Затруднения вызвали две серии заданий (см. примеры ниже).

Пример 12

(средний процент выполнения — 45)

Протон p имеет скорость $\vec{v}$ направленную вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (**вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя**) действующая на протон сила Лоренца? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____ вверх _____.

Пример 13

(средний процент выполнения — 44)

Как направлена относительно рисунка (**вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя**) сила Ампера, действующая на проводник 1 со стороны проводника 2 (см. рисунок), если проводники тонкие, длинные, параллельные друг другу? (I — сила тока.) Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____ вверх _____.

В обеих сериях заданий необходимо было знать, как взаимодействуют сонаправленные и противоположно направленные проводники с током. Порядка 20% участников экзамена указали ответ «вниз», то есть ошиблись с направлением силы, верно определив прямую, вдоль которой она действует. В примере с движением протона ошибка состояла в определении направления тока. Конечно, в процессе обучения необходимо полностью разби-

рять механизм возникновения силы Ампера (или силы Лоренца) в подобных случаях, то есть направление магнитного поля вокруг проводника с током и применение правила левой руки для определения направления действия силы, но в случае таких простых заданий не стоит забывать об использовании простейшего правила взаимодействия токов.

Анализ и объяснение явлений и процессов

Умения анализировать и объяснять протекание различных физических явлений и процессов проверялись в экзаменационной работе заданиями на соответствие (изменение величин) и на множественный выбор (двух верных утверждений из пяти предложенных). В каждом экзаменационном варианте встречалось по три задания на определение характера изменения физических величин в различных процессах: по механике, по электродинамике и квантовой физике. Средний процент выполнения этих линий заданий по механике составил 70, по электродинамике — 59, по квантовой физике — 63.

К проблемным можно отнести две группы заданий на анализ изменения физических величин (см. примеры ниже).

Пример 14

(средний процент выполнения — 34)

В первом опыте частица массой m , несущая заряд q , движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиусом R со скоростью v . Во втором опыте та же частица движется в том же магнитном поле по окружности большего радиуса. Как при переходе от первого опыта ко второму изменились кинетическая энергия частицы и период её обращения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Кинетическая энергия частицы	Период её обращения
1	3

В этом задании 35% экзаменуемых смогли верно указать увеличение кинетической энергии частицы, поняв, что увеличение радиуса движения частицы в магнитном поле связано с ростом её скорости, а значит, и кинетической энергии. А вот тот факт, что период обращения частицы в магнитном поле не зависит от скорости её движения, знают (или могут получить соответствующую формулу) лишь 24% от общего числа участников, выполнявших данных вариант.

Пример 15

(средний процент выполнения — 41)

На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно уменьшают, не меняя его длины волны. Как изменятся в результате этого модуль запирающего напряжения и максимальная скорость фотоэлектронов?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения	Максимальная скорость фотоэлектронов
3	3

Почти 44% участников экзамена указали в этом задании ответы 23 и 32, продемонстрировав тот факт, что они не понимают связи между модулем запирающего напряжения и максимальной кинетической энергией фотоэлектронов (а значит, и максимальной скоростью). Но при этом понимают, что изменение интенсивности падающего излучения не должно влиять на характеристики фотоэлектронов. Остальные же указали на изменение обеих величин, то есть продемонстрировали непонимание законов фотоэффекта.

Задания на множественный выбор по механике, молекулярной физике и электродинамике относились к повышенному уровню сложности. Результаты

выполнения показывают, что эти группы заданий можно отнести к освоенным. При этом средние результаты по темам: по механике — 60%; по молекулярной физике — 69%; по электродинамике — 58%. При общих хороших результатах можно отметить группы заданий, для которых процент для 2 баллов оказался существенно ниже, чем для других групп (зависимость силы трения, действующей на тело на наклонной плоскости, от угла наклона плоскости к горизонту, и задание из примера 16).

Пример 16

Мальчик поднимает вверх гирию массой 10 кг, действуя на неё постоянной силой 120 Н, направленной вертикально вверх. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения.

- 1) Если мальчик приложит к гире направленную вертикально вверх силу 90 Н, он не сможет её поднять.
- 2) Гиря действует на руку мальчика с силой 100 Н, направленной вниз.
- 3) Вес гири равен 120 Н и направлен вверх.
- 4) Равнодействующая сил, действующих на гирю, равна 240 Н и направлена вверх.
- 5) Ускорение гири равно 2 м/с^2 .

Ответ:

1	5
---	---

В этом задании утверждение 1 выбрали 85% выпускников, верно соотнеся силу тяжести, действующую на гирю, и величину предложенной силы. А утверждение 5 указали лишь 14% участников экзамена. Основной ошибкой был выбор утверждения 2 (49% экзаменуемых), то есть непонимание или неверное применение третьего закона Ньютона.

Элементы астрофизики в КИМ проверялись линией 24 заданий на множественный выбор двух утверждений из пяти предложенных. Здесь предлагались задания на базе таблиц с характеристиками планет или звёзд и на базе диаграммы Герцшпрунга—Рессела. Затруднения возникли лишь при работе с таблицей с характеристиками планет, в которой необходимо было сравнивать объёмы планет (по заданному диаметру) и длительность

суток на разных планетах (средний процент выполнения составил 46). В среднем по этой линии заданий результаты оказались сравнимы с прошлым годом — 59% (в 2020 г. — 58%).

Методологические умения

Каждый вариант содержал два задания базового уровня сложности, которые были направлены на оценку методологических умений.

Задание 22 проверяло умение записывать показания измерительных приборов с учётом заданной погрешности измерений. В тексте задания либо указывалось, что погрешность равна цене деления прибора, либо предлагалось конкретное значение абсолютной погрешности. Средний процент выполнения этой линии заданий в этом году составил 72. Если сравнивать результаты выполнения отдельных групп заданий, то несколько хуже участники экзамена справляются с заданиями, в которых представлены не рисунки или фото отдельных шкал приборов, а фотографии установки, содержащие два различных прибора (например, вольтметр и амперметр, термометр и манометр). В этом случае часть обучающихся затрудняется верно выбрать указанный прибор.

Второе задание из этого блока проверяло умение выбирать оборудование для проведения опыта по указанной цели опыта (измерение какой-либо величины) или гипотезе исследования (зависимости одной физической величины от другой). Предлагались модели заданий с выбором двух строк таблицы, в которых предлагались характеристики экспериментальной установки, или двух предметов из перечня оборудования. Во втором случае (для косвенных измерений) процент выполнения оказался немного выше. В целом же средний процент выполнения заданий этой линии составил 79.

Решение задач

В каждом экзаменационном варианте предлагалось по восемь задач по разным темам школьного курса физики. Две расчётные задачи повышенного уровня сложности предлагались в виде заданий

с кратким ответом, а одна — с развёрнутым ответом. На позиции 25 преимущественно стояла задача по молекулярной физике; на позиции 26 — в основном задачи по оптике, а на позиции 28 — задача по механике. Средний процент выполнения заданий с кратким ответом составил 37,5, а решения задачи по механике с развёрнутым ответом — 36.

Среди заданий с кратким ответом на молекулярную физику наиболее успешно были решены задачи на уравнение теплового баланса. Наиболее сложной оказалась задача, приведённая в примере 17.

Пример 17

Идеальный одноатомный газ находится в сосуде с жёсткими стенками объёмом $0,6 \text{ м}^3$. При охлаждении его давление снизилось на $3 \cdot 10^3 \text{ Па}$. На сколько уменьшилась внутренняя энергия газа?

Ответ: на _____ $2,7$ _____ кДж.

Лишь 27% участников экзамена смогли верно указать ответ в этом задании (с учётом ответа, представленного не только в килоджоулях, но и в джоулях). Примерно 13% допустили ошибку в формуле для внутренней энергии, опустив коэффициент $3/2$. А остальные, очевидно, не справились с ситуацией, когда вместо привычного изменения объёма при постоянном давлении предлагалась обратная ситуация.

Среди заданий по оптике предлагались сюжеты на расчёт изображений в линзах и на дифракционную решётку. Из задач с использованием линз самыми сложными оказались те, в условии которых приводилось значение увеличения предмета (см. пример ниже).

Пример 18

(средний процент выполнения — 20)

Линза с фокусным расстоянием $F = 0,5 \text{ м}$ даёт на экране изображение предмета, увеличенное в 5 раз. Каково расстояние от предмета до линзы?

Ответ: _____ $0,6$ _____ м.

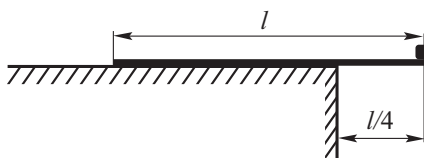
В заданиях на применение формулы для дифракционной решётки предлагалось определить количество дифракционных максимумов, которые можно наблюдать при помощи данной решётки.

К сожалению, большинство выпускников указывало в ответе максимальный порядок спектра, часть удваивала это число, забывая про нулевой максимум. В среднем лишь 37% смогли дать верные ответы для этих несложных задач.

Среди задач по механике с развёрнутым ответом самой сложной оказалась задача по статике (см. пример 19).

Пример 19

Деревянная линейка длиной $l = 60$ см выдвинута за край стола на $1/4$ часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на её правом конце лежит груз массой не более 250 г (см. рисунок). На какое расстояние можно выдвинуть вправо за край стола эту линейку, если на её правом конце лежит груз массой 125 г?



Основные затруднения здесь — в непонимании сил, действующих на линейку в этих случаях, и математических ошибок в определении плеч сил (прежде всего плеча силы тяжести линейки). При максимальной массе груза, который неподвижен относительно линейки, сила реакции стола действует на линейку только по краю стола. Уравнение моментов для первого случая относительно оси вращения, проходящей

через край стола перпендикулярно плоскости рисунка: $Mg(l/4) = m_1g(l/4)$. Для второго случая относительно оси вращения, проходящей через край стола перпендикулярно плоскости рисунка: $Mg((l/2) - x) = m_2gx$, где x — расстояние, на которое выдвинута линейка за край стола. Соответственно, получаем ответ, равный 20 см.

Средний результат решения качественных задач составил 18%. При этом самые высокие результаты достигнуты для задач на движение заряженной частицы в скрещенных магнитном и электрическом полях (21%), на нагревание воды электрическими нагревателями с различным подключением спиралей нагревателей (25%) и на сравнение работы электрических цепей постоянного тока, включающих в себя диоды (25%). Наиболее сложной оказалась задача, приведённая ниже (см. пример 20).

Здесь полное правильное решение включает в себя указание направления результирующей силы (в данном случае вертикально вниз) и верные рассуждения с прямым указанием картины линий индукции магнитного поля длинного проводника с током, принципа суперпозиции магнитных полей, правила буравчика, правила левой руки. Типичной ошибкой было неверное указание направления вектора магнитной индукции (по касательной к окружности), то есть ошибка, скорее, относилась к области геометрии, дальше все рассуждения оказывались неверными. Кроме того, в большинстве работ отсутствовало указание на принцип суперпозиции полей.

Пример 20

Три параллельных длинных прямых проводника 1, 2 и 3 расположены на одинаковом расстоянии друг от друга (см. рисунки 1 и 2). В каждом проводнике протекает электрический ток силой I . Токи во всех проводниках текут в одном направлении. Определите направление результирующей силы, действующей на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3. Сделайте рисунок, указав в области проводника 1 вектора магнитной индукции полей, созданных проводниками 2 и 3, вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля и вектор результирующей силы. Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики.

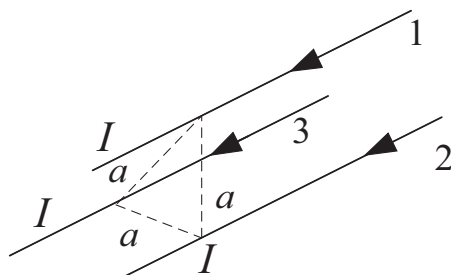


Рис. 1

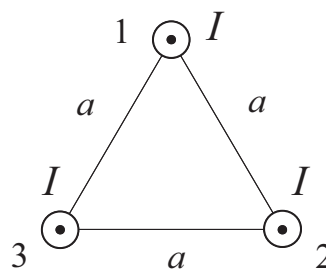


Рис. 2

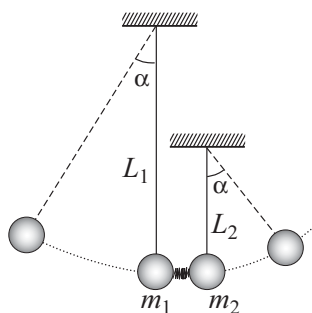
Следует обратить внимание на задачи такого типа. В дальнейшем планируется перевести задания линии 13 на определение направлений вектора напряжённости электрического поля, силы Ампера и силы Лоренца в задания с развёрнутым ответом (качественные задачи). Результаты выполнения этих заданий говорят о том, что в практике преподавания необходимо не ограничиваться устным выполнением заданий, аналогичных тем, что предлагаются в линии 13, а разбирать эти задания пошагово, определяя направление всех необходимых величин и указывая на законы и правила, на основании которых делается выбор.

Средний процент решения расчётных задач высокого уровня сложности — 16. При этом лучший результат достигнут для задач по электродинамике (23%), по остальным же разделам средние проценты выполнения примерно одинаковы (13–14).

В линии 29 одной из наиболее сложных оказалась задача, приведённая в примере 21.

Пример 21

Два шарика подвешены на вертикальных тонких нитях так, что они находятся на одной высоте. Между шариками находится сжатая и связанная нитью пружина. При пережигании связывающей нити пружина распрямляется, расталкивает шарiki и падает вниз. В результате нити отклоняются в разные стороны на одинаковые углы. Во сколько раз одна нить длиннее другой, если отношение масс $\frac{m_2}{m_1} = 1,5$? Считать величину сжатия пружины во много раз меньше длин нитей.



Здесь 5% экзаменуемых справились с решением задачи, либо получив полностью верный ответ, либо допустив незна-

чительные огрехи в математической части задачи. Как правило, все приступившие к решению задачи верно записывали закон сохранения импульса после пережигания нити и распрямления пружины. А вот на следующем этапе вместо использования закона сохранения энергии участники экзамена пытались применить методы динамики, зачастую заменяя колебательное движение равномерным движением по окружности. Очевидно, целесообразно при изучении механических колебаний более подробно рассматривать изменения кинематических характеристик тела по мере его движения.

Среди заданий по молекулярной физике традиционно наиболее успешно решались задачи на тепловой баланс и КПД теплового двигателя. Существенные затруднения традиционно вызвали задачи на влажность воздуха. Пример такой задачи приведён ниже.

Пример 22

В закрытом сосуде при температуре 100°C находится влажный воздух с относительной влажностью 60% под давлением 100 кПа. Объём сосуда изотермически уменьшили в 2,5 раза. Во сколько раз надо вместо этого увеличить абсолютную температуру без изменения объёма сосуда, чтобы получить такое же конечное давление? Объёмом сконденсировавшейся воды пренебречь.

В этой задаче первоначально необходимо было разобраться со степенью изотермического сжатия, при которой пар станет насыщенным, и учесть при этом, что при 100°C давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному давлению. А затем определить начальное и конечное парциальные давления сухого воздуха, воспользовавшись законами Дальтона и Бойля — Мариотта. Во втором случае при нагревании влажного воздуха без изменения объёма водяной пар будет оставаться ненасыщенным, а значит, влажный воздух можно считать идеальным газом с постоянным количеством вещества, и для изохорного нагревания можно применить закон Шарля.

Среди задач по электродинамике успешно решались задачи на движение заряженной частицы в магнитном поле при

предварительном разгоне в электрическом поле (22%), на определение мощности, выделяющейся в резисторе, с использованием данных графика (30%), на движение проводника с током по горизонтальной поверхности в магнитном поле (49%). Более сложными оказались задачи на равновесие капельки ртути в электрическом поле плоского конденсатора, на движение проводника с током по наклонной плоскости в магнитном поле и на сравнение мощности, выделяемой в реостате при разных положениях ползунка (в среднем 10%).

На последней позиции во всех вариантах предлагалась задача по квантовой физике. Наиболее сложными здесь ожидаемо оказались задачи на отражение фотонов (см. пример ниже).

Пример 23

Монохроматическое рентгеновское излучение с длиной волны $\lambda = 1,1 \cdot 10^{-10}$ м падает по нормали на пластинку и создаёт давление $P = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Па. При этом 70% фотонов отражаются, а остальные проходят сквозь пластинку. Определите концентрацию фотонов в пучке падающего излучения. Рассеянием и поглощением излучения пренебречь. Считать, что фотоны в пучке распределены равномерно.

При взаимодействии излучения с пластинкой фотоны, проходящие через неё, не оказывают давления на пластинку. Отражённые фотоны передают пластинке импульс, равный по модулю суммарному изменению импульсов всех отражённых фотонов. Лишь 2% от общего числа при-

ступивших к решению этой задачи смогли верно записать все исходные уравнения и определить число фотонов, падающих на пластинку за некоторое время. Очевидно, тема «Давление света» в профильных классах изучается недостаточно качественно. Следует более детально останавливаться на случаях взаимодействия фотонов с поверхностью в случаях полного поглощения, отражения и прохождения фотонов через среду и, соответственно, возникающем давлением в каждом из этих случаев.

Для характеристики результатов выполнения работы группами экзаменуемых с различным уровнем подготовки выделяется четыре группы. В качестве границы между группами 1 и 2 выбирается минимальная граница положительной оценки (36 тестовых баллов). Все экзаменуемые, не достигшие минимальной границы, попали в группу с самым низким уровнем подготовки. Группа 2 соответствует диапазону от минимальной границы до 60 баллов, в первичных баллах это соответствует выполнению заданий базового уровня сложности. Далее следует группа с результатами от 61 до 80 баллов. В этом диапазоне баллов необходимо показать устойчивое выполнение заданий повышенного уровня сложности. Для группы высокобалльников (результаты от 81 до 100 баллов) характерно наличие системных знаний и овладение комплексными умениями.

На рисунке 3 представлена диаграмма, демонстрирующая распределение по группам подготовки в 2021 г. в сравнении с предыдущим годом.

Распределение участников ЕГЭ 2020-2021 по уровням подготовки

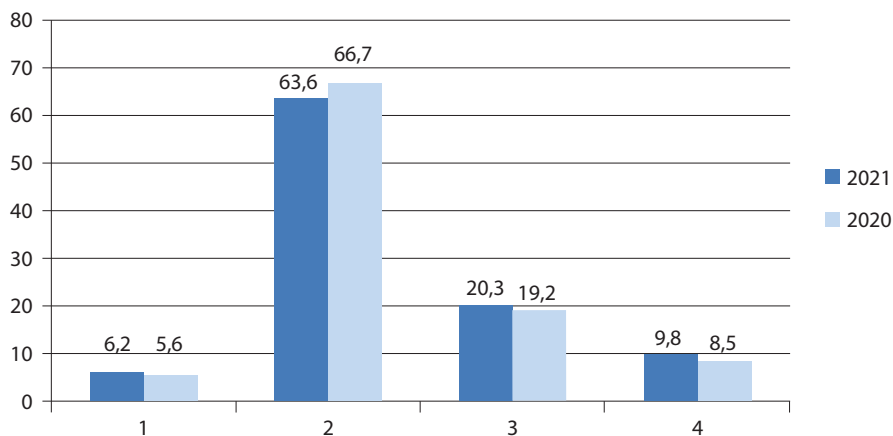


Рис. 3

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

Участники из **группы 1** (не преодолевшие минимального балла) по уровню подготовки получили по итогам выполнения экзаменационной работы от 0 до 10 первичных баллов. Данная группа не продемонстрировала освоения каких-либо элементов содержания и овладения какими-либо проверяемыми умениями. Средний процент выполнения заданий базового уровня составил для этой группы 22, повышенного уровня — 15. Более успешно выполняются задания базового уровня на применение наиболее значимых законов и формул: на применение

второго закона Ньютона, закона сохранения энергии к свободному падению тел; на расчёт силы упругости, кинетической энергии тела; на сравнение импульсов тел, импульсов фотонов. Ниже приведён пример задания, с которым справляется около 50% выпускников из данной группы.

Пример 24

Отношение модуля скорости автокрана к модулю скорости легкового автомобиля $\frac{v_1}{v_2} = 0,3$, а отношение их масс $\frac{m_1}{m_2} = 6$. Каково отношение модуля импульса автокрана к модулю импульса легкового автомобиля?

Ответ: _____ 1,8 _____.

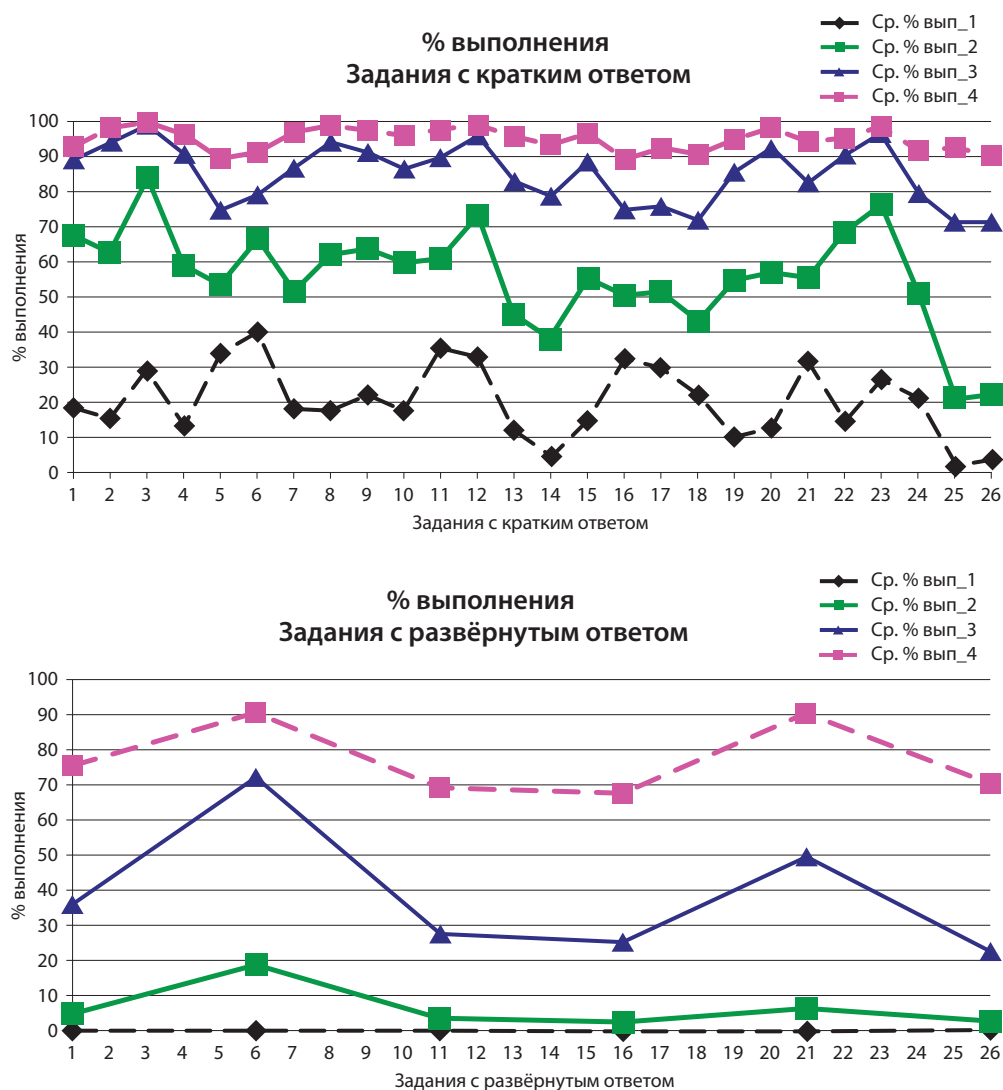


Рис. 4

Группа 2 (с результатами в диапазоне 36–60 баллов) самая многочисленная, к ней относятся обучающиеся, получившие от 11 до 31 первичного балла. Результаты выполнения заданий базового уровня составили в среднем 59%; для заданий повышенного уровня этот показатель — 33%, для заданий высокого уровня сложности — 3,5%. Таким образом, данная группа в целом демонстрирует освоение содержания курса физики средней школы на базовом уровне сложности. Среди заданий базового уровня результаты ниже уровня освоения зафиксированы для линии заданий на определение направлений векторов (сила Ампера и сила Лоренца), применение закона Ома для участка цепи со смешанным соединением проводников, совместное применение закона Кулона и закона сохранения энергии, а также заданий на определение соответствий величин и формул, по которым их можно рассчитать. Ниже приведён пример задания, с которым справляется немногим более половины данной группы экзаменуемых (см. пример 25).

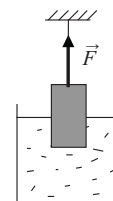
Основным дефицитом для данной группы является решение задач: средний процент выполнения задач повышенного уровня сложности составляет всего 15.

Группу 3 составляют выпускники, набравшие по результатам экзамена от 32

до 42 первичных баллов (61–80 тестовых баллов). Средний процент выполнения заданий базового уровня составляет 87, повышенного уровня — 70, высокого уровня — 31. От предыдущей группы эту группу отличает успешное выполнение всех линий заданий базового уровня, а также освоение курса физики на уровне выполнения всех линий заданий повышенного уровня. Стабильные результаты (71%) демонстрируются для расчётных задач повышенного уровня как с кратким, так и развёрнутым ответом. Ниже приведён пример расчётной задачи повышенного уровня, средний процент выполнения которой для данной группы составляет около 70.

Пример 26

Однородный цилиндр объёмом $4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ подвешен на нити и наполовину погружён в воду. Какова плотность материала цилиндра, если сила натяжения нити $F = 3 \text{ Н}$?



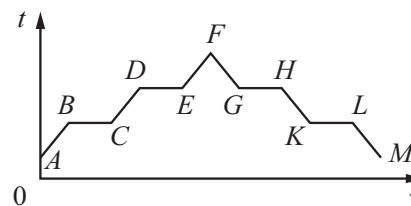
Данная группа не освоила решение расчётных задач высокого уровня сложности, демонстрируя частичное решение с ошибками в основных уравнениях либо с неверной трактовкой физической модели, необходимой для решения задачи.

Пример 25

В цилиндре под поршнем находилось твёрдое вещество. Цилиндр поместили в печь. Сначала цилиндр нагревали, а в некоторый момент начали охлаждать. На рисунке схематично показан график изменения температуры t вещества с течением времени τ .

Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками.

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



УЧАСТКИ ГРАФИКА

- А) KL
Б) GH

ПРОЦЕССЫ

- 1) конденсация
- 2) кристаллизация
- 3) нагревание пара
- 4) кипение

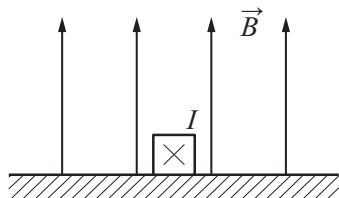
Ответ:

А	Б
2	1

Группа 4, высокобалльники, набрала по результатам выполнения экзаменационной работы от 43 до 53 первичных баллов (81–100 тестовых баллов). Для данной группы характерно освоение всех элементов содержания и всех проверяемых способов действий. Средний процент выполнения заданий базового уровня составляет 95, повышенного уровня — 89, высокого уровня — 74. Ниже приведён пример задачи высокого уровня сложности, с которой справляется примерно 90% данной группы выпускников.

Пример 27

На горизонтальном столе лежит прямой проводник длиной 60 см и массой 40 г. В области стола создано однородное вертикальное магнитное поле. На рисунке показаны сечение проводника, направление тока и вектор магнитной индукции. Если через проводник пропускать достаточно большой ток, то проводник скользит по столу, двигаясь поступательно. Какова индукция магнитного поля, если при силе тока 10 А проводник движется равномерно? Коэффициент трения между проводником и поверхностью стола равен 0,3. Сделайте схематичный рисунок с указанием сил, действующих на проводник.



Дополнительно к предыдущей группе освоены умения решать различные качественные задачи, выстраивая рассуждения с опорой на изученные законы и свойства физических явлений, и решать расчётные задачи высокого уровня сложности по всем разделам школьного курса физики.

* * *

Контрольно-измерительные материалы ЕГЭ по физике в 2022 г. будут существенно изменены в связи с необходимостью перехода на экзаменационную модель, отвечающую требованиям федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (далее — ФГОС). Изменение

содержания оценки в условиях введения ФГОС связано с переходом на деятельностный подход, который характеризуется переориентацией КИМ ЕГЭ на проверку предметных результатов, выраженных в деятельностной форме.

Контрольно-измерительные материалы ЕГЭ по физике в 2022 г. состоят из двух частей и содержат 30 заданий, различающихся формой и уровнем сложности¹. Часть 1 работы проверяет умения анализировать физические процессы и явления и применять при их описании законы и формулы, а также оценивает элементарные методологические умения. Часть 2 полностью посвящена решению задач.

В КИМ представлены задания разных уровней сложности: 19 заданий базового, семь заданий повышенного и четыре задания высокого уровня. Максимальный балл за выполнение всех заданий базового уровня составляет 48% от максимального балла за всю работу, а заданий повышенного и высокого уровней — 52%.

Максимальный первичный балл за выполнение всех заданий работы составляет 54. Общее время выполнения работы не изменилось и равно 235 мин.

В начале варианта предлагаются две новые модели задания базового уровня сложности: линия 1 и линия 2. В линии 1 используются задания на множественный выбор интегрированного характера, проверяющие понимание основных теоретических положений из всех разделов курса физики. В линии 2 используются задания на соответствие интегрированного характера, проверяющие понимание графических закономерностей. Здесь для трёх зависимостей из разных разделов курса физики необходимо из пяти схематичных графиков выбрать те, которые отвечают указанным зависимостям физических величин.

Далее в части 1 представлены блоки заданий по четырём разделам курса физики: шесть заданий по механике, пять заданий по молекулярной физике, шесть заданий по электродинамике и два задания по квантовой физике. В начале каждого блока

¹ Демидова М.Ю., Грибов В.А. Экзаменационная модель КИМ ЕГЭ по физике, отвечающая требованиям ФГОС СОО // Педагогические измерения. 2021. № 2. С. 59–69.

идут задания с кратким ответом в виде числа, построенные на содержании одной или нескольких тем раздела. Далее в блоке идут задания с кратким ответом в виде набора цифр, которые могут конструироваться на материале любых тем данного раздела, но при этом в одном варианте тематически эти задания, как правило, относятся к разным темам.

По сравнению с 2021 г. изменена форма заданий на множественный выбор: вместо выбора двух из пяти указанных утверждений предлагается выбрать все верные утверждения. При этом верных утверждений может быть либо два, либо три.

В конце части 1 предлагаются два задания на проверку методологических умений, которые в КИМ 2022 г. оставлены без изменений по сравнению с прошлым годом. При выполнении задания 22 необходимо определить показания измерительного прибора, представленного на фотографии, а в задании 23 — выбрать из предоставленного перечня оборудование для проведения исследования по заданной в условии гипотезе.

Часть 2 работы содержит семь заданий с развёрнутым ответом, в которых необходимо представить решение задачи или ответ в виде объяснения с опорой на изученные явления или законы. Максималь-

ный балл за решение задач составляет 37% от максимального балла за всю работу.

На позиции 24 стоит качественная задача по молекулярной физике или электродинамике, её решение оценивается максимально 3 баллами. На позициях 27, 28 и 29 находятся расчётные задачи по молекулярной физике и электродинамике, которые также оцениваются в 3 балла. Эти задания не изменились по сравнению с предыдущей экзаменационной моделью.

На позициях 25 и 26 предлагаются расчётные задачи повышенного уровня сложности по механике и квантовой физике соответственно. Они оцениваются максимально в 2 балла. Критерии оценивания решения этих задач остались без изменения.

В конце варианта представлена новая модель задания (позиция 30) — задание с развёрнутым ответом высокого уровня сложности, представляющее собой расчётную задачу с неявно заданной физической моделью, в которой требуется привести обоснование выбранной модели и использование законов и формул. Максимальный балл за решение задачи линии 30 составляет 4 балла. При этом используется два независимых критерия оценивания: на 1 и 3 балла.