



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

М.Ю. Демидова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО НЕКОТОРЫМ АСПЕКТАМ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ПРЕПОДАВАНИЯ
ФИЗИКИ**

*(на основе анализа типичных затруднений выпускников при
выполнении заданий ЕГЭ)*

Москва, 2014

Контрольные измерительные материалы ЕГЭ по физике предназначены для оценки уровня освоения выпускниками Федерального компонента государственного стандарта среднего (полного) общего образования (базовый и профильный уровни). Поскольку в основе конструирования КИМ по физике лежит требование обеспечения содержательной валидности, то каждый вариант направлен на проверку всех содержательных разделов школьного курса физики: механики, МТК и термодинамики, электродинамики и квантовой физики. При этом наиболее важные содержательные элементы проверяются заданиями разного уровня сложности, а общее число заданий по каждому разделу в целом пропорционально его содержательному наполнению и времени, отводимому на его изучение в школьном курсе.

Каждый вариант экзаменационной работы 2014 г. состоял из трех частей и включал 35 заданий, различающихся формой и уровнем сложности. Часть 1 содержала 21 задание с выбором ответа; часть 2 – 4 задания, к которым требовалось дать краткий ответ в виде последовательности цифр. Часть 3 состояла из 10 заданий, объединенных общим видом деятельности – решение задач, из них 4 задания с выбором одного верного ответа и 6 заданий, для которых необходимо было привести развернутый ответ.

Структура работы обеспечивала проверку следующих видов деятельности: владение основным понятийным аппаратом школьного курса физики (понимание смысла физических понятий, явлений, моделей, величин, законов); освоение основ знаний о методах научного познания; решение задач различного типа и уровня сложности. Овладение умениями по работе с информацией физического содержания проверялось опосредованно при использовании различных способов представления информации в текстах заданий или distractорах (графики, таблицы, схемы и схематические рисунки). В экзаменационной работе использовались задания на основе фотографий или рисунков физических опытов, которые диагностируют овладение частью экспериментальных умений.

Большинство заданий с выбором ответа, а также задания на установление соответствия проверяли овладение основным понятийным аппаратом школьного курса физики. Два последних задания в части 1 работы были направлены на проверку различных методологических умений.

Наиболее важным видом деятельности с точки зрения успешного продолжения образования в вузе является решение задач. Каждый вариант включает задачи по всем разделам разного уровня сложности, позволяющие 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.

Единый государственный экзамен по физике является экзаменом по выбору выпускников и предназначен для дифференциации его участников при поступлении в организации высшего образования. Для этих целей в экзаменационную работу включены задания трех уровней сложности. Задания базового уровня входили как в часть 1 работы (20 заданий с выбором ответа), так и в часть 2 (2 задания с кратким ответом). Задания повышенного уровня были распределены между всеми частями экзаменационной работы: 2 задания с кратким ответом в части 2, 5 заданий с выбором ответа и 1 задание с развернутым ответом в части 3. 5 заданий части 3 являлись заданиями высокого уровня сложности и проверяли умение использовать законы и теории физики в измененной или новой ситуации.

Модель КИМ ЕГЭ по физике в 2014 г. по сравнению с предыдущим годом осталась без принципиальных изменений. Однако процесс совершенствования контрольных измерительных материалов затронул следующие аспекты.

1. Были усовершенствованы критерии оценивания заданий с развернутым ответом.
2. В вариантах была увеличена доля заданий, проверяющих особенности различных физических явлений, за счет вопросов, касающихся применения формул и законов в рамках простых ситуаций расчетного характера.
3. В рамках проверки методологических умений была увеличена доля заданий, проверяющих умение интерпретировать результаты различных опытов на основе экспериментальных данных: таблиц или графиков зависимостей величин, построенных с учетом абсолютных погрешностей измерений.

Максимальный первичный балл за выполнение всех заданий экзаменационной работы (51 балл) и общее время выполнения работы (235 минут) не изменились.

Анализируя выполнение заданий ЕГЭ по физике текущего года, можно говорить об основных результатах по видам деятельности: овладение основным понятийным аппаратом школьного курса физики, освоение методологических умений и решение задач.

Освоение понятийного аппарата проверялось в КИМ ЕГЭ заданиями с выбором ответа части 1 работы и заданиями с кратким ответом части 2. Рассмотрим результаты выполнения заданий, направленных на оценку трех групп умений:

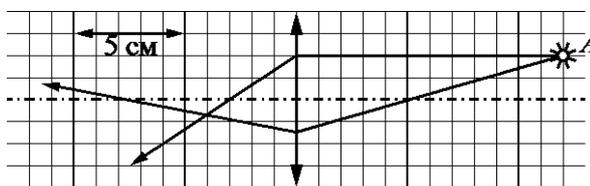
- анализ физических явлений и описание процессов с использованием физических величин;
- понимание смысла физических величин и законов, основных физических принципов и постулатов;
- понимание смысла физических моделей.

В каждом экзаменационном варианте часть заданий базового уровня с выбором ответа и 2 задания с кратким ответом проверяли усвоение различных физических явлений и процессов. При этом небольшая часть заданий была ориентирована на узнавание явлений или условий их протеканий, а большинство заданий – на объяснение явлений и анализ физических процессов на основании имеющихся теоретических знаний.

Наиболее высокие результаты получены для заданий с выбором ответа, оценивающих взаимодействие постоянных магнитов (71%), узнавание явлений дисперсии и дифракции (85%) и явлений плавления, кипения и кристаллизации (78%), изображение в плоском зеркале (85%) и изображение в линзах (82%). В последнем случае у выпускников возникали затруднения, если, кроме определения положения изображения, необходимо было вычислить оптическую силу линзы (49% выполнения – см. пример 1).

Пример 1

На рисунке показан ход двух лучей от точечного источника света *A* через тонкую линзу.



Какова приблизительно оптическая сила этой линзы?

- 1) 17 дптр 2) 20 дптр 3) 14 дптр 4) 33 дптр

Ответ: 4

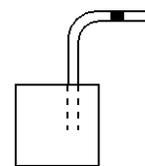
Несколько ниже оказались результаты заданий, в которых нужно было вычлнить верное описание различных свойств явлений:

- диффузия и броуновское движение (54%);
- кристаллизация и плавление (62%);
- влажность воздуха (64%);
- интерференция света (55%).

Наиболее сложными стали задания, в которых нужно было соотнести описание реального процесса с одним из изопроецессов в газах (см. пример 2).

Пример 2

В герметично закрытый пакет из-под сока вставлена изогнутая трубочка для коктейля (см. рисунок), внутри которой находится небольшой столбик сока. Если обхватить пакет руками и нагреть его, не оказывая на него давления, столбик сока начинает двигаться вправо к открытому концу трубочки. Какой процесс происходит с воздухом в пакете?



- 1) *изохорное нагревание*
- 2) *изобарное расширение*
- 3) *изотермическое расширение*
- 4) *адиабатное сжатие*

Ответ: 2

С этим заданием справились лишь 42% участников экзамена. Очевидно, анализ реальных жизненных ситуаций необходимо чаще включать в учебный процесс.

Задания с кратким ответом были направлены на проверку умения применять физические величины для анализа различных физических процессов. Как правило, использовались типовые учебные ситуации, для которых необходимо было определить характер изменения трех различных физических величин. Ниже перечислены результаты выполнения таких заданий в зависимости от рассматриваемого процесса (средний процент тестируемых, набравших за задание 2 балла):

- движение тела, брошенного горизонтально – 33%;
- движение тела по наклонной плоскости – 20%;
- изопроецессы, процессы в газах – 48%;
- зарядка конденсатора, подключенного к источнику тока – 18%;
- дифракция света – 10%;
- явление фотоэффекта – 18%;
- ядерные реакции – 38%.

Для всех этих заданий характерен невысокий процент полностью верного выполнения. Однако для группы экзаменуемых со средним уровнем подготовки отмечается достаточно высокий процент получения 1 балла при частично верном ответе. В качестве примера рассмотрим приведенное ниже задание.

Пример 3

Объём сосуда с идеальным газом увеличили вдвое, выпустив половину газа и поддерживая температуру в сосуде постоянной. Как изменились при этом давление газа в сосуде, его плотность и внутренняя энергия? 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.

<i>Давление газа в сосуде</i>	<i>Плотность газа в сосуде</i>	<i>Внутренняя энергия газа в сосуде</i>
2	2	2

При выполнении этого задания 51% участников экзамена правильно указали характер изменения давления и плотности газа. Трудности оказались связаны с характером изменения внутренней энергии. Лишь 17% выпускников указали на уменьшение внутренней энергии в связи с уменьшением количества вещества. Остальные

же, опираясь на постоянство температуры, указали и на неизменность внутренней энергии.

Если сравнивать реальные результаты выполнения заданий с кратким ответом на анализ изменения физических величин в различных процессах с экспертной трудностью, то наибольший «отрыв» в сторону более низких результатов отмечается для заданий на фотоэффект. Пример одного из таких заданий приведен ниже.

Пример 4

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй – только зелёный. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли напряжение запираения. Как изменятся частота световой волны, напряжение запираения и работа выхода при переходе от первой серии опытов ко второй? 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.

<i>Частота волны света, падающего на фотоэлемент</i>	<i>Напряжение запираения</i>	<i>Работа выхода</i>
2	2	3

В этом задании лишь четверть тестируемых верно указали изменения всех трех величин: уменьшение частоты света и напряжения запираения, а также неизменность для материала работы выхода. Почти 10% ошиблись при определении изменения частоты света, верно определив для этого случая изменения остальных величин. Еще 17% получили по 1 баллу, сделав ошибку при определении характера изменения напряжения запираения.

Значительная часть заданий с выбором ответа и 2 задания с кратким ответом в каждом варианте были направлены на проверку **понимания смысла физических величин и законов**. Модели заданий подбирались таким образом, чтобы осуществить диагностику усвоения этих содержательных элементов на уровне как простого узнавания формул, так и применения их при расчетах в простых учебных ситуациях. Среди заданий с выбором ответа можно выделить три основные группы:

- проверка понимания формулы или закона с использованием простейших расчетов;
- проверка понимания формулы и закона с использованием графиков;
- определение направления или значения величины с использованием схематических рисунков.

Для первой группы высокие результаты, демонстрирующие освоение соответствующих элементов содержания, отмечены для групп заданий, проверяющих следующие формулы и законы: ускорение – 88% выполнения; законы Ньютона – 74%; сила упругости, сила трения – 72%; кинетическая и потенциальные энергии – 84%; средняя кинетическая энергия теплового движения частиц – 68%; закон всемирного тяготения – 60%; уравнение состояния идеального газа – 66%; внутренняя энергия идеального газа – 69%; закон Кулона – 71%; закон Ома для участка и для полной цепи – 80%; магнитный поток – 69%; период и частота колебаний в колебательном контуре – 69%. Ниже приведен пример задания на проверку закона Ома для полной цепи, с которым справились 81% участников экзамена.

Пример 5

К батарее с ЭДС, равной 24 В, и внутренним сопротивлением 2 Ом подключили резистор с сопротивлением 4 Ом. Какова сила тока в цепи?

- 1) 12 А 2) 6 А 3) 3 А 4) 4 А

Ответ: 4

Для остальных проверяемых формул и законов при использовании заданий расчетного характера получены результаты в диапазоне от 50 до 61% выполнения: гидростатическое давление, сила Архимеда – 45%; период колебаний маятников – 56%; влажность воздуха – 60%; закон Джоуля – Ленца – 58%; ЭДС в движущемся проводнике – 56%; показатель преломления света – 61%; энергия кванта света – 51%; уравнение Эйнштейна для фотоэффекта – 59%.

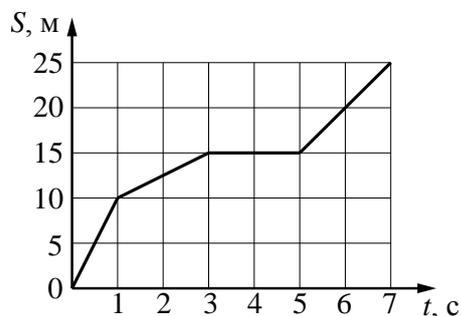
Для заданий с использованием графиков результаты выше 65% отмечены для групп заданий, оценивающих: скорость равномерного движения, ускорение равноускоренного движения, второй закон Ньютона и внутреннюю энергию идеального газа. Ниже приведен пример задания, с которым справились 78% экзаменуемых.

Пример 6

На рисунке представлен график зависимости пути S , м, пройденного материальной точкой, от времени t . Определите интервал времени после начала движения, когда точка двигалась со скоростью 2,5 м/с.

- 1) от 0 до 1 с
2) от 5 до 7 с
3) от 1 до 3 с
4) от 3 до 5 с

Ответ: 3



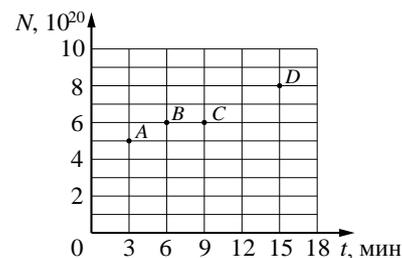
Как правило, для величин и законов по другим разделам, кроме механики, использование графиков приводит к значительному снижению результатов.

Так, группы заданий с графиками на определение работы идеального газа выполнены в среднем 55% участников, на определение изопроцесса – 42%, а на закон радиоактивного распада – 54%. Ниже приведен пример задания на закон радиоактивного распада которое успешно выполнили лишь 40% выпускников.

Пример 7

Из ядер таллия ${}_{81}^{208}\text{Tl}$ при β -распаде с периодом полураспада 3 мин образуются стабильные ядра свинца. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер таллия. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдет график зависимости числа ядер свинца от времени (см. рисунок)?

- 1) А 2) В 3) С 4) D



Здесь от участников ЕГЭ требовалось сначала построить график радиоактивного распада таллия, а затем – график роста числа ядер свинца.

И только потом – определить, что этот график будет проходить через точку В.

Наибольшие затруднения вызывают задания с использованием схематичных рисунков:

- определение направления силы Лоренца – 46%;
- определение направления силы Ампера – 48%;
- определение плеча силы – 41%.

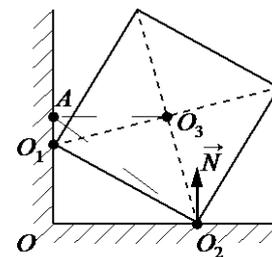
Ниже приведен пример задания на определение плеча силы, которое успешно выполнили лишь 33% участников экзамена.

Пример 8

Однородный куб опирается одним ребром на гладкий пол, другим – на вертикальную стену (см. рисунок). Плечо силы \vec{N} относительно оси, проходящей через точку A перпендикулярно плоскости рисунка, равно

- 1) O_2O 2) O_2A 3) 0 4) AO

Ответ: 1



В качестве заданий с кратким ответом использовались задания на определение соответствия между графиками и физическими величинами, которые они описывают, и между формулами и физическими величинами, по которым их можно рассчитать. Здесь более высокие результаты получены по определению различных формул. Ниже приведены отдельные результаты (процент участников, получивших 2 балла) для формул физических величины, описывающих:

- равномерное и равноускоренное движение – 63%;
- торможение автомобиля с выключенным двигателем – 69%;
- движение заряженной частицы в магнитном поле – 63%;
- колебания в колебательном контуре – 42%;
- преломление света на границе раздела двух сред – 34%.

Видно, что для одного и того же типа заданий наиболее высокие результаты наблюдаются для заданий по механике. Как правило, эти задания частично верно выполняют и экзаменуемые со средним уровнем подготовки, получая по 1 баллу. При этом доля выпускников, справившихся с заданиями этого типа составляет 25–30%. В качестве примера приведем распределение по полученным баллам для одного из заданий.

Пример 9

Заряженная частица массой m , несущая положительный заряд q , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля \vec{B} по окружности со скоростью v . Действием силы тяжести пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) модуль магнитной силы, действующей на частицу	1) $\frac{v}{qB}$
Б) период обращения частицы по окружности	2) $\frac{mv}{qB}$
	3) $\frac{2\pi m}{qB}$
	4) qvB

Ответ: 43

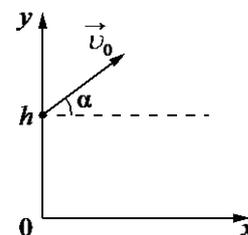
При выполнении этого задания 62% участников экзамена верно указали формулы для обеих физических величин, а 29% смогли это сделать только для силы Лоренца. Что касается заданий по графикам, то здесь также более высокие результаты для заданий по

механике, а самые низкие – для графиков, описывающих энергии электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки с током в колебательном контуре. Приведем пример типичных ошибок, которые допускаются в заданиях на определение графиков.

Пример 10

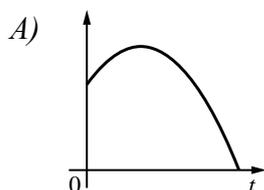
Мячик бросают с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени t .

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

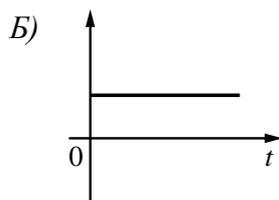


ГРАФИКИ

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ



- 1) координата x мячика
- 2) проекция скорости мячика на ось x



- 3) кинетическая энергия мячика
- 4) координата y мячика

Ответ: 42

В этом задании 33% выпускников верно указали оба ответа, 23% правильно указали график для координаты y мячика, но вместо проекции скорости выбирали, как правило, координату x мячика. 13% участников ошиблись с определением только первого графика, соотнеся его с кинетической энергией.

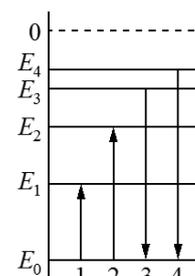
Результаты выполнения заданий на проверку **понимания смысла основных физических принципов и постулатов** в целом остались на уровне 2012 г. Ниже перечислены средние проценты выполнения групп заданий:

- принцип суперпозиции сил – 72%;
- закон сохранения энергии в механических процессах – 66%;
- первый закон термодинамики – 67%;
- принцип суперпозиции электрических полей – 53%;
- постоянство скорости света – 65%;
- постулаты Бора – 43%.

Хочется отметить, что впервые за годы проведения ЕГЭ отмечен уровень освоения для заданий, проверяющих постоянство скорости света. Проблемными остаются лишь задания на излучение и поглощение света атомом. Ниже приведен пример одного из заданий с кратким ответом, проверяющем постулаты Бора.

Пример 11

На рисунке изображена упрощённая диаграмма энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с поглощением кванта света с наименьшей энергией и излучением света наименьшей длины волны?



Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕСС	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД
А) поглощение кванта света с наименьшей энергией	1) 1 2) 2 3) 3 4) 4
Б) излучение света наименьшей длины волны	

Ответ: 14

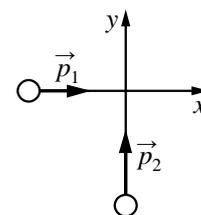
По результатам выполнения этого задания 28% тестируемых смогли получить 1 балл, т.е. верно определили переход, соответствующий поглощению кванта с наименьшей энергией. 2 балла смогли получить лишь 29% участников экзамена.

Для остальных групп заданий, проверяющих постулаты Бора, наблюдаются такие же типичные ошибки: выпускники не различают разницы в переходах при поглощении и излучении света атомом, неверно соотносят энергию кванта света с его частотой или длиной волны.

Остановимся на результатах выполнения заданий, оценивающих усвоение закона сохранения импульса. Здесь порядка 90% участников верно определяют изменение импульса силы или изменение импульса, пользуясь формулой $F\Delta t = m\Delta v$. Около 65% умеют находить примерное направление результирующего импульса после удара. Однако результаты резко ухудшаются, если требуется определить модуль импульса после операции сложения векторов (см. пример 12).

Пример 12

Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 3 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$, а второго тела $p_2 = 4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Каков модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?



- 1) $5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ 2) $1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ 3) $1,7 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ 4) $7 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

Ответ: 1

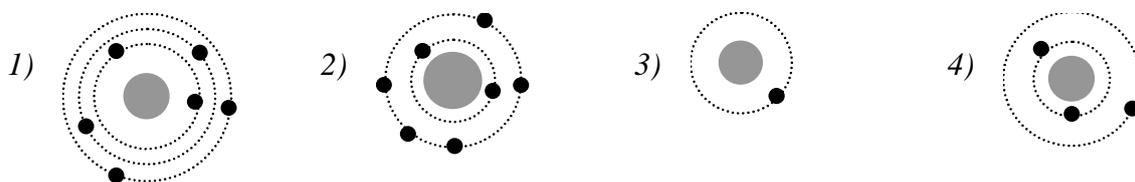
С этим заданием справились лишь 42% участников экзамена. Понятно, что проблема здесь связана с математическими трудностями: сложение векторов и применение теоремы Пифагора.

Понимание смысла физических моделей проверялось в каждом варианте одним заданием, при этом в разных сериях вариантов контролировалось усвоение либо модели строения газов, жидкостей и твердых тел, либо планетарная модель строения атома.

Уровень усвоения отмечен лишь для заданий, в которых нужно было правильно определить число электронов атома на схеме (см. пример 13).

Пример 13

На рисунке изображены схемы четырёх атомов, соответствующие модели атома Резерфорда. Чёрными точками обозначены электроны. Атому ${}^6_3\text{Li}$ соответствует схема



Так, с этим заданием справились 67% тестируемых.

Несколько ниже оказались результаты для заданий, в которых, кроме числа нуклонов, нужно было определить по числу электронов, является ли система нейтральным атомом или заряженным ионом (см. пример 14).

Пример 14

Связанная система элементарных частиц содержит 14 нейтронов, 13 протонов и 10 электронов. Эта система частиц является

- 1) нейтральным атомом кремния ${}^{27}_{14}\text{Si}$
- 2) ионом кремния ${}^{27}_{14}\text{Si}$
- 3) ионом алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$
- 4) нейтральным атомом алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$

Ответ: 3

С заданиями такого типа справились в среднем 61% участников экзамена. Основная ошибка здесь – выбор четвертого дистрактора вместо верного третьего.

Что касается освоения модели строения газов, жидкостей и твердых тел, то в заданиях требовалось определить свойства, которые можно объяснить теми или иными особенностями строения (см. пример 15).

Пример 15

Молекулы газов находятся в среднем на больших расстояниях друг от друга по сравнению с их размерами, силы взаимодействия между ними незначительны. Этим можно объяснить следующие свойства газов.

А. Газ не сохраняет своей формы.

Б. Газ не сохраняет своего объёма.

В. Газ имеет большую сжимаемость.

Какое(-ие) из утверждений правильно(-ы)?

- 1) только Б 2) только В 3) А и Б 4) А, Б, В

Ответ: 2

Средний процент выполнения этой группы заданий составил 58%

В разных сериях вариантов проверялись различные **методологические умения**, связанные с проведением измерений и опытов. Ниже представлены средние проценты выполнения заданий, в зависимости от проверяемого умения:

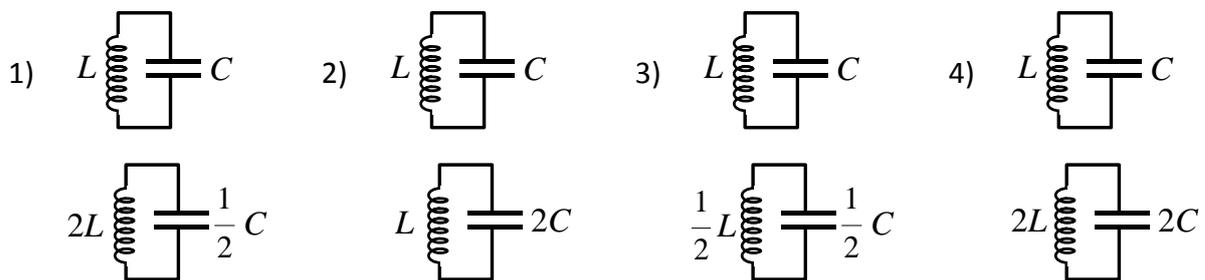
- определение физических величин, необходимых для проведения косвенных измерений, – 70%;
- снятие показаний измерительных приборов – 64%;
- запись результатов прямых измерений с учетом абсолютной погрешности – 60%;
- выбор установки для проведения опытов по заданной гипотезе – 68%;

- формулировка выводов по результатам опыта, представленных в виде таблицы, – 64%;
- определение коэффициента пропорциональности по данным опыта, представленных в виде графика (с учетом абсолютных погрешностей измерений), – 47%;
- интерпретация результатов опыта – 56%.

Хочется отметить, что в целом задания на проверку методологических умений не вызывают существенных трудностей. Ниже приведен пример одного из заданий на выбор установки, которые наиболее успешно выполняются выпускниками с различным уровнем подготовки.

Пример 16 (Уровень выполнения – 69%)

Ученик изучает зависимость периода электромагнитных колебаний в контуре от ёмкости конденсатора. Какие два контура он должен выбрать для этого исследования?



Ответ: 2

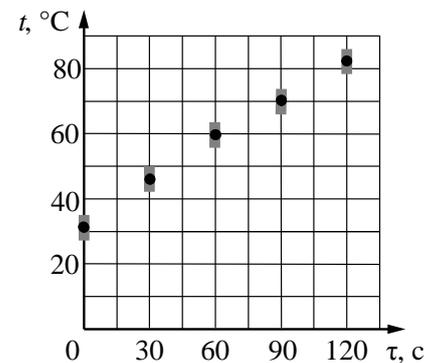
Среди всех перечисленных выше типов заданий затруднения вызывают те, которые проверяют умение строить графики по экспериментальным точкам, заданным с учетом погрешностей. Пример такого задания приведен ниже, уровень выполнения задания – 44%.

Пример 17

На рисунке представлены результаты измерения температуры воды в электрическом чайнике в последовательные моменты времени. Погрешность измерения времени равна 3 с, погрешность измерения температуры равна 4 °С. Какова полезная мощность нагревателя чайника, если масса воды равна 0,75 кг?

- 1) 1,3 кВт 2) 0,7 кВт
 3) 0,9 кВт 4) 2,1 кВт

Ответ: 1

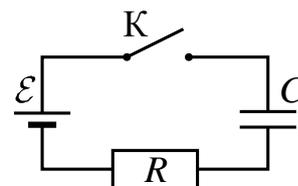


В этой группе заданий наиболее типичной ошибкой являлось не столько построение графика, сколько неверное определение начальной температуры. Такие ошибки для графиков, которые не проходят через начало координат, типичны, особенно для выпускников с низким и средним уровнями подготовки.

Наиболее сложной оказалась группа заданий на интерпретацию результатов опыта, в которой после замыкания цепи происходила зарядка конденсатора (см. пример 18; уровень выполнения – 34%).

Пример 18

Конденсатор подключён к источнику тока последовательно с резистором $R = 20$ кОм (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью ± 1 мкА, представлены в таблице.



t, c	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{мкА}$	300	110	40	15	5	2	1

Чему равно напряжение на конденсаторе в момент времени $t = 3$ с? Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.

- 1) 0,3 В 2) 5,2 В 3) 3,8 В 4) 5,7 В

Ответ: 4

Здесь по силе тока в начальный момент времени (когда конденсатор еще не заряжен и напряжение на резисторе равно ЭДС) необходимо было определить ЭДС источника тока – 6 В. А для указанного момента времени определить напряжение на резисторе (0,3В), затем – напряжение на конденсаторе – 5,7 В. Самой распространенной ошибкой был выбор первого дистрактора, т.е. экзаменуемые просто определяли по таблице силу тока в заданный момент и рассчитывали напряжение на резисторе, не анализируя процессы в цепи.

Решение задач проверялось частью 3 работы. Задачи, представленные в виде заданий с выбором ответа, выполнялись в зависимости от сложности и темы с разбросом средних результатов выполнения по разным сериям задач от 35% до 67%. Традиционно наиболее высокие результаты продемонстрированы для задач повышенного уровня по механике, а наиболее низкие – по квантовой физике. При этом реальные результаты решения задач по механике отличаются от экспертной трудности в сторону более высоких показателей, а по квантовой физике – в сторону более низких.

Ниже приведены два примера заданий – по механике и квантовой физике, которые наглядно демонстрируют это утверждение. При примерно одинаковой экспертной сложности задание по механике выполняют около двух третей участников, а по квантовой физике – лишь около трети. Так, с задачей из примера 19 справились 65% участников экзамена, а с задачей аналогичной сложности по квантовой физике из пример 20 – лишь 31%.

Пример 19

Шайба, скользящая по гладкой горизонтальной поверхности, налетает на лежащую неподвижно на той же поверхности более тяжёлую шайбу такого же размера массой m . В результате частично неупругого удара первая шайба остановилась, а 75% её первоначальной кинетической энергии перешло во внутреннюю энергию. Какова масса первой шайбы?

- 1) $\frac{m}{2}$ 2) $\frac{m}{4}$ 3) $\frac{m}{3}$ 4) $\frac{m}{\sqrt{2}}$

Ответ: 2

Пример 20

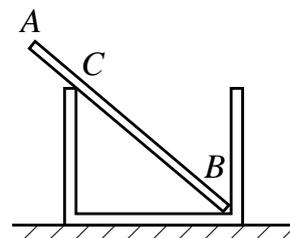
За время $t = 4$ с детектор поглощает $N = 6 \cdot 10^5$ фотонов падающего на него монохроматического света. Поглощаемая мощность $P = 5 \cdot 10^{-14}$ Вт. Какова длина волны падающего света?

- 1) 0,6 мкм 2) 0,4 мкм 3) 780 нм 4) 520 нм

Ответ: 1

Хочется отметить, что и задачи аналогичной сложности на применение уравнения Эйнштейна для фотоэффекта (например, на определение запирающего напряжения или красной границы фотоэффекта) выполнялись с достаточно низкими результатами (порядка 34%).

Среди задач по механике трудности вызвали задания по статике. Низкие результаты (около 38% выполнения) отмечены для задачи, в которой рассматривалась палочка в стакане (см. рисунок). Здесь для решения достаточно приравнять нулю горизонтальные составляющие сил, действующих на палочку в точках В и С, а также учесть, что их вертикальные составляющие равны силе тяжести, действующей на палочку.



Среди задач по молекулярной физике и термодинамики наиболее высокие результаты отмечены для заданий на тепловой баланс (62–64% выполнения). Одно из таких заданий приведено ниже (63% выполнения).

Пример 21

Кусок льда, имеющий температуру $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду температурой $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, требуется количество теплоты 100 кДж . Какая температура установится внутри калориметра, если лёд получит от нагревателя количество теплоты 75 кДж ? Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

1) $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 2) $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 3) $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 4) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ответ: 4

При выполнении этой задачи выпускники успешно справлялись с ситуацией, когда во втором случае указанного количества теплоты не хватит на плавление всей массы льда и в калориметре установится температура тающего льда.

По электродинамике успешно выполнялись задачи на определение суммарной напряженности электрического поля двух точечных зарядов (средний уровень выполнения – 54%). В этих заданиях типичная ошибка была связана с определением направления вектора напряженности в зависимости от знака заряда. 25–28% экзаменуемых при верном ходе решения и расчетах ошибались именно в определении направления. Достаточно высокие результаты получены и для задач на движение заряженной частицы в магнитном поле. Наиболее сложными в этом разделе оказались задания на равноускоренное движение частицы в электрическом поле и применение формулы линзы.

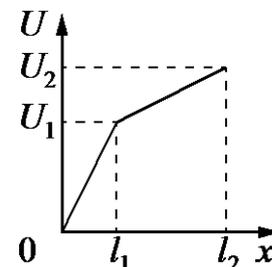
Качественные задачи предлагались по всем четырем разделам. Как правило, в них требовалось объяснить какой-либо физический процесс, наблюдаемый в описываемом в задаче опыте. Ниже приведены средние результаты выполнения этих заданий с учетом того, что задачи с развернутым ответом считаются решенными, если они оценены экспертами в 2 или 3 балла:

- определение направления вектора ускорения колеблющегося тела – 10,7%;
- движение поршня относительно сосуда с идеальным газом, находящегося в равноускоренно движущемся лифте, – 3,3%;
- изменение периода колебаний заряженного маятника, помещенного над бесконечной заряженной плоскостью, – 6,5%;
- объяснение зависимости напряжения на концах проводника от площади его поперечного сечения – 7,3%;
- определение различий в давлении света на зеркальную пластинку и пластинку, покрытую сажей, – 4,2%.

Из приведенного выше списка видно, что полное верное объяснение с указанием на используемые при объяснении физические явления и законы удается привести небольшой части участников экзамена. При этом между 2 и 3 баллами проценты в задачах распределяются примерно одинаково. В качестве примера приведем результаты выполнения задания по теме «Постоянный электрический ток» (см. пример 22)

Пример 22 (Результаты выполнения: 1 балл – 17,2%; 2 балла – 3,6%; 3 балла – 3,7%)

Нихромовый проводник длиной $l = l_2$ включён в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра всё время подключена к началу проводника, а вторая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра U от расстояния x до начала проводника. Как зависит от x площадь поперечного сечения проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали.



При решении этой задачи немногим более 17% выпускников смогли указать, что зависимость напряжения от длины проводника определяется законом Ома для участка цепи и сопротивлением проводника в соответствии с зависимостью $R = \rho \frac{x}{S}$, где x – длина той части проводника. Но не смогли объяснить, что на участках $0 < x < l_1$ и $l_1 < x < l_2$ напряжение пропорционально длине участка, а значит, площадь поперечного сечения проводника постоянна. Но поскольку показания вольтметра на втором участке проводника увеличиваются медленнее, чем на первом, то площадь поперечного сечения проводника на втором участке больше, чем на первом.

Такое полное объяснение смогли привести лишь немногим более 3% экзаменуемых, а еще столько же получили верный ответ, но допустили недочеты в объяснении или не указали одну из необходимых формул.

Как и в задании из примера 22, при решении качественных задач порядка 15–20% участников экзамена приводят решение, оцениваемое 1 баллом. Это означает, что в целом они понимают суть описываемого процесса, знают, какие законы и формулы необходимы для его объяснения, но не в состоянии выстроить логически связный ответ. Наибольшая доля участников, получивших за решение 1 балл, отмечена для задания на определение ускорения колеблющегося тела (см. пример 23).

Пример 23 (Результаты выполнения: 1 балл – 45,3%; 2 балла – 6,0%; 3 балла – 4,7%).

Маленькая шайба движется из состояния покоя по неподвижной гладкой сферической поверхности радиусом R . Начальное положение шайбы находится на высоте $\frac{R}{2}$ относительно нижней точки поверхности.



Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шайбу в момент, когда она движется вправо-вверх, находясь на высоте $\frac{R}{6}$ над нижней точкой поверхности (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шайбы (по радиусу поверхности, по касательной к поверхности, внутрь поверхности, наружу от поверхности). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.

В этих заданиях большинство приступивших к его выполнению правильно указывали силы, действующие на колеблющееся тело. Но «камнем преткновения» оказалось построение равнодействующей силы и сонаправленного с ней ускорения. Большинство экзаменуемых забывало о том, что на тело действует не только центростремительное ускорение, но и ускорение, определяемое ненулевой проекцией силы тяжести на касательную к траектории. Здесь не требовалось знать о тангенциальном ускорении; нужно было лишь понимать, что, если тело движется по окружности не с постоянной по модулю скоростью, значит, равнодействующая сила и общее ускорение направлены не по радиусу, а внутрь поверхности.

Каждый вариант содержал 5 расчетных задач высокого уровня сложности. Среди них были как «типовые» задачи в привычной формулировке школьных задачников, так и оригинальные задания, в которых необходимо было применить знания из разных разделов физики к новой ситуации. Как правило, в этих заданиях требовался анализ физической ситуации – наиболее сложный элемент при решении задач.

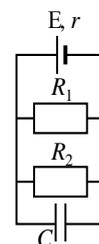
Высокие результаты для расчетных задач с развернутым ответом получены для следующих групп заданий:

- движение тела под углом к горизонту с учетом использования закона сохранения энергии – 18%;
- плавание тела на границе раздела двух жидкостей – 29%;
- применение первого закона термодинамики к циклическим процессам – 14%;
- расчет цепей с последовательным и параллельным соединением проводников – 19%;
- определение энергии конденсатора, включенного в цепь постоянного тока, – 35%.

Ниже приведен пример задачи, с которой успешно справились более трети участников экзамена.

Пример 24 (Результаты выполнения: 1 балл – 18,9%; 2 балла – 10,2%; 3 балла – 25,7%).

Источник постоянного тока с внутренним сопротивлением $r = 0,4 \text{ Ом}$ подсоединён к параллельно соединённым резисторам $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$ и конденсатору ёмкости $C = 5 \text{ мкФ}$. Определите ЭДС источника E , если энергия электрического поля конденсатора $W = 10 \text{ мкДж}$.



Необходимо отметить, что более половины тестируемых получили за решение этой задачи положительные баллы, при этом почти 20% смогли лишь частично записать необходимые для решения данной задачи уравнения.

Наиболее сложными оказались задачи:

- определение коэффициента полезного действия циклических процессов (7,1%);
- расчет заряда, прошедшего через проводник при изменении магнитного потока (4,6%);
- определение длин волн, излучаемых или поглощаемых атомом водорода, (3,7%);
- движение заряженного конического маятника в магнитном поле (6%).

Для этих заданий характерно другое распределение по полученным баллам, что видно на примере приведенного ниже задания.

Пример 25 (Результаты выполнения: 1 балл – 19,9%; 2 балла – 5,0%; 3 балла – 2,5%).

В открытый контейнер поместили 1,5 г изотопа полония-210 $^{210}_{84}\text{Po}$. Затем контейнер герметично закрыли. Изотоп полония радиоактивен и претерпевает альфа-распад с периодом полураспада примерно 140 дней, превращаясь в стабильный изотоп свинца. Через 5 недель давление внутри контейнера составило $1,4 \cdot 10^5$ Па. Определите объём контейнера. Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна 45°C . Атмосферное давление равно 10^5 Па.

Большинство экзаменуемых, приступивших к решению задачи, смогли набрать лишь по 1 баллу, записав закон радиоактивного распада и уравнение Менделеева – Клапейрона. Наиболее распространенная ошибка в этом задании – отсутствие закона Дальтона (забывали, что давление в сосуде будет складываться из давления воздуха и давления образовавшегося гелия).

В 2015 г. изменена структура КИМ ЕГЭ по физике при сохранении контролируемого содержания и общих подходов к оценке наиболее значимых для предмета видов деятельности. В связи с введением новой формы бланка ответов № 1, в котором нет необходимости группировать задания в зависимости от формы записи ответа, в работе выделяется только две части. Часть 1 включает задания разных форм, ответы на которые записываются в бланк ответов № 1, а в конце части 2 предлагаются задания с развернутым ответом, решения для которых записываются на традиционном бланке ответов № 2.

По сравнению с предыдущим годом в КИМ ЕГЭ 2015 г. по физике сокращено общее число заданий (с 35 до 32), более чем в 2,5 раза уменьшено число заданий с выбором ответа и более чем в 4 раза увеличено число заданий с кратким ответом.

Каждый вариант экзаменационной работы состоит из двух частей и включает в себя 32 задания, различающихся формой и уровнем сложности (базовый, повышенный и высокий). Задания базового уровня проверяют усвоение наиболее важных физических понятий, моделей, явлений и законов. Задания повышенного уровня направлены на проверку умения использовать понятия и законы физики для анализа различных процессов и явлений, а также умения решать задачи на применение одного-двух законов (формул) по какой-либо из тем школьного курса физики. Задания высокого уровня сложности проверяют умение использовать законы и теории физики в измененной или новой ситуации.

Часть 1 работы включает два блока заданий: первый проверяет освоение понятийного аппарата школьного курса физики, а второй – овладение методологическими умениями. Первый блок включает 22 задания, которые группируются исходя из тематической принадлежности:

- механика – 7 заданий;
- молекулярная физика – 5 заданий;
- электродинамика – 6 заданий;
- квантовая физика – 4 задания.

Группа заданий по каждому разделу начинается с двух заданий, в которых необходимо выбрать и записать один верный ответ из четырех предложенных, затем идут задания с самостоятельной формулировкой ответа в виде числа, а в конце – задания на изменение физических величин в различных процессах и на установление соответствия между физическими величинами и графиками или формулами, в которых ответ записывается в виде двух цифр.

В новой структуре форма заданий жестко «привязана» к его положению в варианте. Это позволяет более четко установить границы проверяемых элементов содержания для заданий базового уровня сложности. При подготовке тематического планирования обобщающего повторения необходимо внимательно изучить спецификацию работы и

особенно обобщенный план. Покажем на примере раздела «Электродинамика» особенности проверяемого содержания для каждой из позиций в варианте.

По данному разделу в части 1 предлагается 6 заданий.

1. Задание 13 с выбором одного верного ответа базового уровня проверяет умение объяснять явления и, соответственно, проверяет явления электризации тел, проводники и диэлектрики в электрическом поле, явление электромагнитной индукции, а также явления интерференции, дифракции или дисперсии света. Во всех заданиях на этой позиции нужно будет выбрать верное объяснение свойств одного из этих явлений. Пример одного из таких заданий приведен ниже.

Пример

На плоскую непрозрачную пластину с узкими параллельными щелями падает по нормали плоская монохроматическая волна из зелёной части видимого спектра. За пластиной на параллельном ей экране наблюдается интерференционная картина, содержащая большое число полос. Выберите верное утверждение.

При переходе на монохроматический свет из фиолетовой части видимого спектра

- 1) *расстояние между интерференционными полосами увеличится*
- 2) *расстояние между интерференционными полосами уменьшится*
- 3) *расстояние между интерференционными полосами не изменится*
- 4) *интерференционная картина станет невидимой для глаза*

2. Задание 14 с выбором одного верного ответа базового уровня проверяет умение определять направление для следующих элементов: принцип суперпозиции электрических полей (сложение кулоновских сил или напряженностей электрических полей), взаимодействие магнитов, магнитное поле проводника с током, сила Ампера и сила Лоренца). Пример одного из заданий приведен ниже.

Пример

Какое направление имеет вектор напряжённости \vec{E} электрического поля, созданного двумя разноименными зарядами, равными по модулю, в точке O (см. рисунок)?

- 1) \rightarrow 2) \leftarrow 3) \uparrow 4) \downarrow
- $-q$ ● $+q$ ● O

3. Задания 15 и 16 базового уровня сложности с кратким ответом (самостоятельной записью числового ответа) проверяют различные формулы и законы с использованием простейших расчетов. Первое из этих заданий конструируется на элементах из тем «Электростатика» и «Постоянный ток» (закон Кулона, сила тока, закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников, работа и мощность тока, закон Джоуля – Ленца). Второе задание проверяет закон электромагнитной индукции Фарадея, закономерности, описывающие процессы в колебательном контуре, законы отражения и преломления света, а также построение ход лучей в линзе). Ниже приведено два примера этих заданий.

Пример

Участок цепи состоит из двух последовательно соединённых цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно R , а второго $2R$. Во сколько раз увеличится общее сопротивление этого участка, если удельное сопротивление и длину первого проводника увеличить вдвое?

Ответ: в _____ раз(а).

Пример

Луч света лазерной указки падает на поверхность стекла и распространяется в стекле со скоростью 200 000 км/с. Каков показатель преломления стекла?

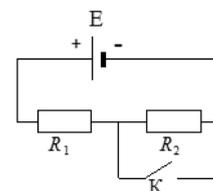
Ответ: _____.

Ответы к этим заданиям записаны таким образом, чтобы экзаменуемому оставалось вставить лишь необходимое число, которое затем и переносится в бланк ответов.

4. Задания 17 и 18 с кратким ответом и оцениваются максимально в 2 балла. Первое из них (на изменение физических величин в процессах) аналогично тому, что ранее стояло на позиции В1 или В2. Однако по сравнению с предыдущим годом в них сокращено число величин, для которых нужно указать изменения, – с 3 до 2. Ниже приведен пример одного из таких заданий.

Пример

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС E и два резистора: R_1 и R_2 . Если ключ K замкнут, то как изменятся сила тока через резистор R_1 и суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи? Внутренним сопротивлением источника тока 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.

Сила тока через резистор R_1	Суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи

Задание 18 – на установление соответствия между физическими величинами и графиками, или формулами, или единицами измерения величин. Эти задания ранее стояли на позиции В3 или В4. Одно из двухбалльных заданий по каждой теме относится к базовому уровню, а другое – к повышенному.

Таким же образом конструируются и группы заданий по другим разделам.

В конце части 1 предлагаются 2 задания (одно с выбором одного ответа, а другое с множественным выбором), проверяющие различные методологические умения и относящиеся к разным разделам физики. Задание с выбором ответа направлено на проверку следующих умений:

- запись показаний приборов при измерении физических величин;
- выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе;
- построение графика по заданным точкам с учетом абсолютных погрешностей измерений.

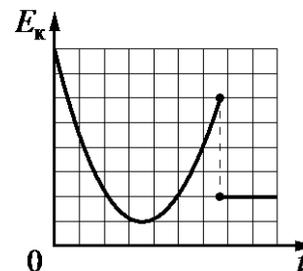
Для снятия показаний приборов предлагаются задания по рисункам или фотографиям различных приборов (амперметр, вольтметр, мензурка, термометр, гигрометр). Как правило, обучающимся необходимо уметь правильно записывать показания приборов с учетом необходимых округлений и с учетом абсолютной погрешности измерений. Абсолютная погрешность измерений задается в тексте задания: либо в виде половины цены деления, либо в виде цены деления (в зависимости от точности прибора). Пример такого задания приведен в демонстрационном варианте.

Пример задания на выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе приведен выше (см. пример 16). Формирование умения строить график по экспериментальным точкам с учетом абсолютных погрешностей измерений формируется в процессе выполнения стандартных лабораторных работ. Как правило, такие задания не вызывают существенных затруднений и успешно выполняются обучающимися.

Задание с множественным выбором (2 ответа из 5 предложенных) в этой группе проверяет умение интерпретировать результаты экспериментов, представленных в виде графиков или таблиц. Пример такого задания приведен ниже.

Пример

На рисунке представлен схематичный вид графика изменения кинетической энергии тела с течением времени. Выберите два утверждения, соответствующих данному графику.



- 1) Конечная скорость камня в 2 раза меньше его начальной скорости.
- 2) Конечная кинетическая энергия тела в 2 раза меньше ее начального значения.
- 3) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало на балкон.
- 4) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало в кузов проезжающего мимо грузовика.
- 5) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало на Землю

Ответ:

--	--

Как видно из примера, необходимо научить выпускников при анализе результатов опытов делать выводы и рассчитывать параметры процесса.

Часть 2 работы посвящена решению задач. Это традиционно наиболее значимый результат освоения курса физики средней школы наиболее востребованная деятельность при дальнейшем изучении предмета в вузе.

В этой части в следующем году будет 8 различных задач. Общее число задач сокращено за счет одной задачи повышенного уровня и одной задачи высокого уровня сложности. Таким образом, в каждом варианте будет 3 расчетные задачи с самостоятельной записью числового ответа повышенного уровня сложности и 5 задач с развернутым ответом, из которых одна качественная и четыре расчетные.

По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом:

- 2 задачи по механике;
- 2 задачи по молекулярной физике и термодинамике;
- 3 задачи по электродинамике;
- 1 задача по квантовой физике.

При этом в разных задачах в одном варианте не используются одинаковые не слишком значимые содержательные элементы, но применение фундаментальных законов сохранения может встретиться в двух-трех задачах. Если рассматривать «привязку» тематики заданий к их позиции в варианте, то под № 29 всегда будет задача по механике, под № 30 – по МКТ и термодинамике, под № 31 – по электродинамике. А вот последняя задача (№ 32) может оказаться как по электродинамике, так и по квантовой физике в зависимости от тематики качественной задачи. Ниже приведен пример возможного распределения тематики задач в части 2 работы:

- № 25 – механика;
- № 26 – электродинамика;
- № 27 – квантовая физика;
- № 28 – МКТ и термодинамика (качественная задача);
- № 29 – механика;
- № 30 – МКТ и термодинамика;
- № 31 – электродинамика;
- № 32 – электродинамика.

Сложность задач определяется как характером деятельности, так и контекстом. В расчетных задачах повышенного уровня сложности (25–27) предполагается

использование изученного алгоритма решения задачи и предлагаются типовые учебные ситуации, с которыми учащиеся встречались в процессе обучения и в которых используются явно заданные физические модели. В этих задачах предпочтение отдается стандартным формулировкам и их подбор будет осуществляться преимущественно с ориентацией на *Открытый банк заданий*.

При подготовке обучающихся к выполнению заданий 25–27 необходимо обратить внимание на запись ответа. Как правило, будут использоваться задачи, в которых не нужно делать приближенные вычисления, т.е. ответом является целое число или десятичная дробь. После каждой задачи предлагается формат записи ответа, указываются место для числового ответа и единицы измерения, в которых необходимо выразить ответ. Ниже приведены два примера заданий, из которых понятна форма записи ответа в тексте варианта.

Пример

Ёмкость конденсатора в цепи переменного тока равна 50 мкФ. Уравнение изменения напряжения на конденсаторе имеет вид: $U = a \sin(bt)$, где $a = 60 \text{ В}$ и $b = 500 \text{ с}^{-1}$. Найдите амплитуду колебаний силы тока.

Ответ: _____ А.

Пример

Предмет высотой 6 см расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 30 см от её оптического центра. Высота изображения предмета 12 см. Чему равно фокусное расстояние линзы?

Ответ: _____ см.

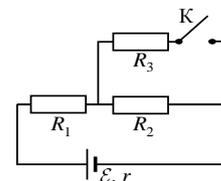
После решения задачи на черновике выпускник вносит в указанное место в варианте числовой ответ, проверяя его в соответствии с указанными единицами измерения. В конце работы в бланк ответов № 1 переносится **только число без единиц измерения**.

Для расчетных задач высокого уровня сложности необходим анализ всех этапов решения, поэтому они предлагаются в виде заданий 29–32 с развернутым ответом. Здесь используются измененные ситуации, в которых необходимо оперировать большим, чем в типовых задачах, числом законов и формул, вводить дополнительные обоснования в решении и т.п. или совершенно новые ситуации, которые не встречались ранее в учебной литературе и предполагают серьезную деятельность по анализу физических процессов и самостоятельному выбору физической модели для решения задачи.

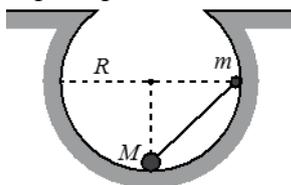
Расчетные задачи в одном варианте подбираются разной трудности: от 10 до 30–40% выполнения. Как правило, самое трудное задание рассчитано лишь на выпускников высокого уровня подготовки, а с менее сложными справляется и менее подготовленная группа тестируемых. Ниже приведены два примера заданий из одного варианта, демонстрирующих различия в трудности расчетных задач.

Пример

Во сколько раз увеличится мощность, выделяемая на резисторе R_1 , при замыкании ключа K (см. рисунок), если $R_1 = R_2 = R_3 = 1 \text{ Ом}$, $r = 0,5 \text{ Ом}$?



Пример



Небольшие шарики, массы которых $m = 30 \text{ г}$ и $M = 60 \text{ г}$, соединены лёгким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку. В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображённом на рисунке. Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Максимальная высота подъёма шарика массой M относительно нижней точки выемки оказалась равной 12 см. Каков радиус выемки R ?

В следующем году вводятся существенные изменения в кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения единого государственного экзамена по физике. Объем контролируемых элементов содержания оставлен без изменений в соответствии с требованиями Федерального компонента стандарта образования. Эти изменения связаны с внесением в кодификатор всего перечня формул, выносимых на единый государственный экзамен. Ниже приведен фрагмент кодификатора, который демонстрирует суть внесенных изменений.

Пример (фрагмент кодификатора)

2.1.10 Модель идеального газа в термодинамике:

- Уравнение Менделеева – Клапейрона
- Выражение для внутренней энергии

Уравнение Менделеева – Клапейрона (применимые формы записи):

$$pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}.$$

Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи):

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \frac{3}{2} pV = \nu c_v T = C_{vN} T$$

2.1.11 Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов: $p = p_1 + p_2 + \dots$

2.1.12 Изопроцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц N (с постоянным количеством вещества ν): изотерма ($T = \text{const}$): $pV = \text{const}$,

изохора ($V = \text{const}$): $\frac{p}{T} = \text{const}$, изобара ($p = \text{const}$): $\frac{V}{T} = \text{const}$.

Графическое представление изопроцессов на pV -, pT - и VT - диаграммах

Введение формул в кодификатор связано в первую очередь с особенностями оценивания расчетных задач с развернутым ответом. Полное правильное решение таких задач предполагает запись всех физических законов и формул, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом. При оценивании будут приниматься во внимание только те законы и формулы, которые указаны в кодификаторе. Как видно из приведенного выше фрагмента кодификатора, в нем учтены различные формы записи закономерностей. Однако другие сочетания из формул или формулы, уже полученные путем преобразования нескольких формул, из кодификатора не будут приниматься в качестве верных исходных уравнений для решения задач 29–32.

Кроме того, в критериях оценивания расчетных задач указано, что должны быть «описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов)». При этом если участник экзамена записал «Дано» в традиционных обозначениях физических величин, которые указаны в кодификаторе, то других дополнительных пояснений не требуется. Словесные пояснения необходимы только в тех случаях, когда по ходу решения появляется новая физическая величина (например, промежуточное значение скорости или параметры газа, не указанные в условии). Однако здесь также надо учитывать, что используемые обозначения должны соответствовать стандартным обозначениям кодификатора.

В критерии оценивания расчетных задач внесены изменения оценивания на 2 балла, которые будут выглядеть следующим образом:

«Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)».

Таким образом, решение задачи, оцениваемое 2 баллами, означает понимание физической сути описываемых в задаче процессов, верную запись ВСЕХ уравнений и осмысленные математические действия, направленные на решение задачи. Однако такое решение может содержать как один, так и все из перечисленных выше недостатков, т.е. снизить оценку за верное решение эксперт может, если экзаменуемый не описал одну из вводимых вновь физических величин. Однако теми же 2 баллами будет оценено решение, в котором допущена ошибка в преобразованиях и, соответственно, получен неверный ответ, а также есть недочеты в описании новых величин. Ясно, что в обоих случаях выпускник успешно справляется с физической частью задачи, а решение на 2 балла подразумевает достаточно широкий диапазон математических погрешностей и погрешностей в оформлении решения.

Одно из заданий с развернутым ответом – качественная задача, в которой решение представляет собой логически выстроенное объяснение с опорой на физические законы и закономерности. В модели ЕГЭ 2015 г. в критерии оценивания качественных задач также внесены изменения. Описание полного правильного ответа (на 3 балла) оставлено без изменений, а правки внесены в описание ответов на 2 и 1 балл (см. критерии оценивания в демонстрационном варианте).

Еще раз отметим, что решение, оцениваемое 2 баллами, обязательно предполагает *правильный ответ и объяснение*. В объяснении допускается целый ряд недостатков (как один, так и все перечисленные в этом пункте критериев): логический недочет (т.е. пропуск одного из логических шагов объяснения); лишние записи (как правило, рассуждения, которые не относятся к решению задачи) и отсутствие указания на одно из используемых явлений или закономерность. Однако если при правильном ответе и рассуждениях не указано два используемых явления или две закономерности, то решение оценивается максимально 1 баллом.

С этими важными изменениями в оценивании заданий с развернутым ответом нужно обязательно ознакомить обучающихся в процессе подготовки к экзамену. Новые критерии оценивания публикуются в демонстрационном варианте экзаменационной работы и останутся такими же в реальных вариантах ЕГЭ следующего года.

Изменение структуры экзаменационной работы в 2015 г. не изменяет средней сложности вариантов по физике и не влияет на способность КИМ ЕГЭ дифференцировать участников экзамена по уровням подготовки, что позволяет сохранить как преемственность в оценке учебных достижений по физике, так и сопоставимость результатов с результатами ЕГЭ предыдущих лет.

В связи с этим для обобщения и повторения содержания курса физики можно использовать все материалы предыдущих лет. Некоторые различия в формах заданий не повлияют в этом случае на качество усвоения тех или иных элементов содержания или

видов деятельности. Поэтому общие методические подходы к организации подготовки к экзамену остаются прежними.

Однако обновленная структура КИМ ЕГЭ по физике потребует некоторой тренировки в плане освоения технологии выполнения заданий с самостоятельной записью числового ответа в новом бланке ответов № 1. Для этого целесообразно запланировать выполнение тренировочных работ в формате КИМ.

Методическую помощь учителям и обучающимся при подготовке к ЕГЭ могут оказать материалы с сайта ФИПИ: www.fipi.ru:

- документы, определяющие структуру и содержание КИМ ЕГЭ 2015 г. (кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников, спецификация и демонстрационный вариант КИМ);

- Открытый банк заданий ЕГЭ;

- учебно-методические материалы для председателей и членов региональных предметных комиссий по проверке выполнения заданий с развернутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ;

- аналитические отчеты о результатах экзамена, методические рекомендации и методические письма прошлых лет.