

# Методические рекомендации по подготовке к ЕГЭ по физике в 2015 г.

На базе материалов ФИПИ «Методические рекомендации по результатам ЕГЭ-2014. Физика» описаны изменения в структуре и содержании КИМ ЕГЭ по физике в 2015 г., включая переход на новый бланк ответов № 1. Внесены изменения в кодификатор ЕГЭ, существенно уменьшено число заданий с выбором ответа и расширен спектр заданий с кратким ответом, скорректированы критерии оценивания расчётных задач высокого уровня сложности. На примере раздела «Электродинамика» показана логика конструирования экзаменационного варианта, приведено много примеров заданий, иллюстрирующих основные положения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЕГЭ-2015 по физике

М.Ю. ДЕМИДОВА  
demidovaktv1@yandex.ru,  
МЦКО, г. Москва

В 2015 г. структура КИМ ЕГЭ по физике будет изменена при сохранении контролируемого содержания и общих подходов к оценке наиболее значимых для предмета видов деятельности. Вводится новый бланк ответов № 1 (см. форму): предложено поле для ответа из 17 позиций. Ответ на задание с выбором ответа записывается в виде одной цифры (номер ответа вместо «крестика» в предыдущей версии бланка). Формат записи ответов на задания с кратким ответом (на соответствие) остаётся прежним, в виде набора цифр. Изменения в связи с введением нового бланка коснутся, прежде всего, заданий с выбором ответа, число которых будет существенно уменьшено. Вместо них вводятся задания с кратким ответом, который учащимся придётся формулировать самостоятельно (например, в виде числа, которое является ответом к задаче).

Новый бланк позволяет отказаться от необходимости группировать задания в зависимости от формы записи ответа, поэтому в новой экзаменационной работе выделяется только две части. Первая часть включает задания разных форм, ответы на которые записываются в бланк ответов № 1, а в конце второй части предлагаются задания с развёрнутым ответом, решения для которых записываются на традиционном бланке ответов № 2.

По сравнению с 2014 г. сокращено общее число заданий (с 35 до 32), более чем в 2,5 раза уменьшено число заданий с выбором ответа (с 25 до 9 заданий) и более чем в 4 раза увеличено число заданий с кратким ответом (с 4 до 18).

Каждый вариант экзаменационной работы состоит из двух частей и включает в себя 32 задания, различающихся формой и уровнем сложности. В работе представлены задания разных уровней сложности: базового, повышенного и высокого. Задания базово-

The image shows a sample of the 'Blank answer sheet No. 1' for the 2015 Unified State Exam (ЕГЭ) in Physics. At the top, it reads 'Единый государственный экзамен - 2015' and 'Бланк ответов № 1'. Below this, there are instructions: 'Заполнить голубой или капиллярной ручкой ЧЕРНЫМИ чернилами ЗАГЛАВНЫМИ ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ по следующим образцам: А Б В Г Д Е Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0' and 'А В С D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z, - А А А 0'. There is also a section for 'Код предмета' and 'Код задания'. The main part of the sheet is a grid with 17 rows and 20 columns. The first 10 rows are for multiple-choice questions, and the last 7 rows are for short-answer questions. The grid is divided into two parts: 'Результаты выполнения заданий с ответом в краткой форме' and 'Задания с кратким ответом на задания с ответом в краткой форме'. The sheet also includes a warning: 'ВНИМАНИЕ! Все бланки и листы с контрольными измерительными материалами рассматриваются в комплексе.'

го 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 физические законы и теории в изменённой или новой ситуации.

Первая часть работы включает в себя два блока заданий: первый проверяет освоение понятийного аппарата школьного курса физики, а второй – овладение методологическими умениями. Первый блок состоит из 22 заданий, 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 четырёх 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, формулами или единицами физических величин, в которых ответ записывается в виде набора из двух цифр.

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

Покажем на примере раздела «Электродинамика» особенности проверяемого содержания для каждой из позиций в варианте. По данному разделу в первой части работы предлагается 6 заданий.

**Задание № 13** базового уровня с выбором одного верного ответа проверяет умение объяснять явления и использует, соответственно, следующие элементы содержания: • явление электризации тел • проводники и диэлектрики в электрическом поле • явление электромагнитной индукции • явления интерференции, дифракции или дисперсии света.

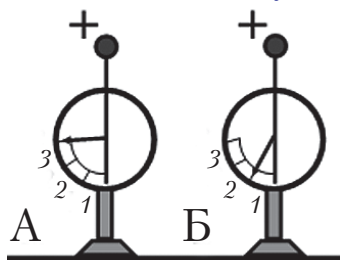
Во всех заданиях на этой позиции нужно выбрать верное объяснение свойств одного из этих явлений. Ниже приведены примеры заданий по разным элементам содержания.

### Пример 1

На рисунке изображены два одинаковых электрометра А и Б, шары которых заряжены положительно. Какими станут показания электрометров, если

их шары соединить проволокой?

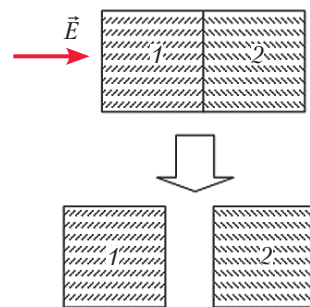
- 1) Показание электрометра А станет равным 1, показание электрометра Б – равным 3;
- 2) показания электрометров не изменятся;



- 3) показания обоих электрометров станут равными 2;
- 4) показания обоих электрометров станут равными 1.

### Пример 2

Два незаряженных медных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в однородное электрическое поле, вектор напряжённости которого направлен горизонтально вправо, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули, и уже потом убрали электрическое поле (нижняя часть рисунка). Какое утверждение о знаках зарядов разделённых кубиков 1 и 2 правильно?



- 1) Заряды первого и второго кубиков положительны;
- 2) заряды первого и второго кубиков отрицательны;
- 3) заряды первого и второго кубиков равны нулю;
- 4) заряд первого кубика отрицателен, заряд второго – положителен.

### Пример 3

На плоскую непрозрачную пластину с узкими параллельными щелями по нормам падает 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 освещении этой же пластины монохроматическим светом 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 наблюдаться глазом не будет.

**Задание № 14** базового уровня с выбором одного верного ответа проверяет умение определять направление векторной физической величины в следующих случаях: • принцип суперпозиции электрических полей (сложение кулоновских сил или напряжённостей электрических полей) • взаимодействие магнитов • магнитное поле проводника с током • сила Ампера и сила Лоренца. Примеры соответствующих заданий приведены ниже.

**Пример 4**

Как направлена равнодействующая  $\vec{F}$  кулоновых сил, действующих на положительный точечный заряд, помещённый в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q$ ,  $+q$ ,  $-q$ ,  $-q$  (см. рисунок)?

1)  $\rightarrow$ ;      2)  $\leftarrow$ ;      3)  $\uparrow$ ;      4)  $\downarrow$ .

**Пример 5**

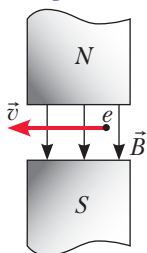
На рисунке изображён длинный цилиндрический проводник, по которому протекает электрический ток. Направление тока  $I$  указано стрелкой. Как направлен вектор индукции магнитного поля этого тока в точке  $C$ ?



- 1) в плоскости чертежа вверх  $\uparrow$ ;  
 2) в плоскости чертежа вниз  $\downarrow$ ;  
 3) от нас перпендикулярно плоскости чертежа  $\otimes$ ;  
 4) к нам перпендикулярно плоскости чертежа  $\odot$ .

**Пример 6**

Электрон  $e$  влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью  $\vec{v}$ , направленной горизонтально. Вектор индукции  $\vec{B}$  магнитного поля направлен вертикально (см. рисунок). Как направлена действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ?



- 1) От наблюдателя  $\otimes$ ;  
 2) к наблюдателю  $\odot$ ;  
 3) горизонтально вправо  $\rightarrow$ ;  
 4) вертикально вверх  $\uparrow$ .

Как видно из сравнения примеров 5 и 6, дистракторы, описывающие одно и то же направление вектора, могут быть сформулированы по-разному.

**Задания № 15 и № 16** базового уровня сложности с кратким ответом (самостоятельной записью числового ответа) проверяют различные формулы и законы с использованием простейших расчётов.

Задание № 15 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). Ниже приведены два примера.

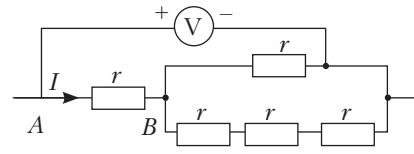
**Пример 7**

Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль каждой из которых равен  $F$ . Во сколько раз увеличится модуль каждой силы, если один заряд увеличить в 3 раза, другой заряд уменьшить в 2 раза, а расстояние между ними оставить прежним?

Ответ. В \_\_\_\_\_ раз(а).

**Пример 8**

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением  $r = 1$  Ом соединены в электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке. По участку  $AB$  идёт ток  $I = 4$  А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ. \_\_\_\_\_ В.

**Задание № 16** проверяет закон электромагнитной индукции Фарадея, закономерности, описывающие процессы в колебательном контуре, законы отражения и преломления света, а также построение хода лучей в линзе. Ниже приведены два примера.

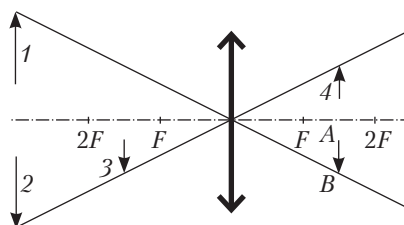
**Пример 9**

Индуктивность витка проволоки равна  $3 \cdot 10^{-3}$  Гн. При какой силе тока в витке создаваемый им магнитный поток через поверхность, ограниченную витком, равен 15 мВб?

Ответ. \_\_\_\_\_ А.

**Пример 10**

Какому из предметов 1, 2, 3 или 4 соответствует изображение  $AB$  в тонкой линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?



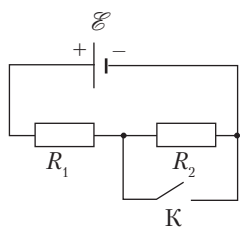
Ответ. Предмету № \_\_\_\_\_.

Ответы к этим заданиям записаны таким образом, чтобы учащемуся оставалось вставить лишь необходимое число, которое затем и переносится в бланк ответа. Единицы измерения переносить в бланк НЕ НУЖНО.

**Задания № 17 и № 18** с кратким ответом оцениваются максимально в 2 балла. Задание № 17 – на изменение физических величин в процессах, аналогично тому, что ранее стояло на позициях  $B1$  или  $B2$ . Однако в них сокращено число величин, для которых нужно указать изменения (с 3 до 2). Ниже приведён пример одного из таких заданий.

**Пример 11**

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и два резистора:



$R_1$  и  $R_2$ . Если ключ К замкнуть, то как изменится сила тока через резистор  $R_1$  и суммарная 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.

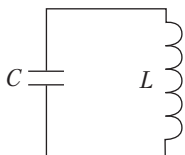
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

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

Задание № 18 – на установление соответствия между физическими величинами и графиками, или формулами, или единицами физических величин. Эти задания ранее стояли на позициях В3 или В4. Ниже приведены все три модели таких заданий.

### Пример 12

В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания с периодом  $T$ . В момент  $t = 0$  ток в контуре течёт по часовой стрелке, сила тока максимальна. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания.



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.

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

ГРАФИКИ	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
<p>А) </p> <p>Б) </p>	<p>1) Энергия заряженного конденсатора.                  2) Энергия катушки с током.                  3) Сила тока в контуре.                  4) Заряд на нижней обкладке конденсатора</p>
А	Б

### Пример 13

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 силы Лоренца, действующей на частицу.	1) $\frac{v}{qB}$ ; 2) $\frac{mv}{qB}$ ;
Б) Период обращения частицы по окружности	3) $\frac{2\pi m}{qB}$ ; 4) $qvB$
А	Б

### Пример 14

Установите соответствие между физическими величинами и их единицами в системе СИ. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
А) Сила тока. Б) Напряжённость электрического поля	1) 1 Тл; 2) 1 В; 3) 1 В/м; 4) 1 А
А	Б

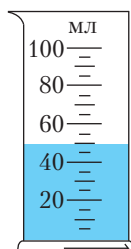
Одно из 2-балльных заданий по каждой теме относится к базовому уровню, а второе – к повышенному. Например, задание из примера 12 относится к повышенному уровню, а из примера 14 – к базовому. Таким же образом конструируются и группы заданий по другим разделам.

В конце первой части предлагаются два задания (одно с выбором одного ответа, а второе – с множественным выбором), проверяющие различные методологические умения и относящиеся к разным разделам физики.

**Задание № 23** 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 учётом абсолютных погрешностей измерений. Для снятия показаний приборов предлагаются задания по рисункам или фотографиям различных приборов (амперметр, вольтметр, мензурка, термометр, гигрометр). Как правило, учащимся необходимо уметь правильно записывать показания приборов с учётом необходимых округлений и с учётом абсолютной погрешности измерений. Абсолютная погрешность измерений задаётся в тексте задания либо в виде половины цены деления, либо в виде цены деления (в зависимости от точности прибора). Пример такого задания приведён ниже.

### Пример 15

Объём жидкости измерили при помощи мензурки (см. рисунок). Погрешность измерения объёма при помощи данной мензурки равна её цене деления. Какая запись для объёма жидкости наиболее правильная?

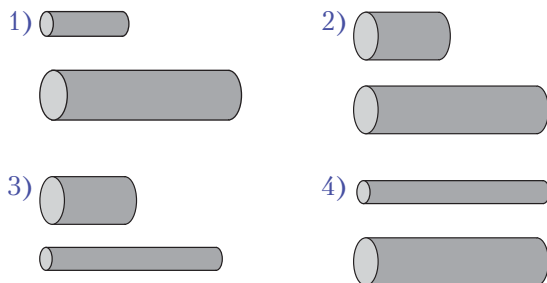


- 1) 45 мл  $\pm$  2,5 мл;
- 2) 45 мл  $\pm$  5 мл;
- 3) 50 мл  $\pm$  2,5 мл;
- 4) 50 мл  $\pm$  5 мл.

Задания на выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе (см. пример 16) традиционны для ЕГЭ.

### Пример 16

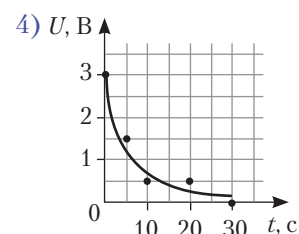
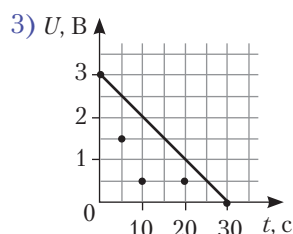
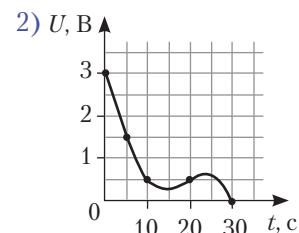
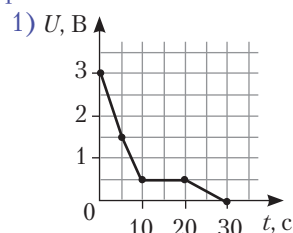
Различные проволоки изготовлены из одного и того же материала. Какую пару проволок нужно выбрать, чтобы на опыте проверить зависимость сопротивления проволоки от её диаметра?



Формирование умения строить график по экспериментальным точкам с учётом абсолютных погрешностей измерений формируется в процессе выполнения стандартных лабораторных работ. Это и проверяется заданиями, аналогичными примеру 17.

### Пример 17

На рисунке точками указаны результаты измерений напряжения на конденсаторе при его разряде через резистор в разные моменты времени. Погрешности измерения этих величин соответственно равнялись 0,3 В и 2 с. Какой из графиков правильно построен по этим точкам?

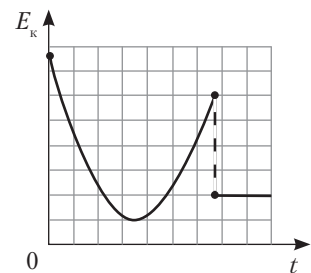


Как правило, все эти модели заданий не вызывают существенных затруднений и успешно выполняются учащимися.

**Задание № 24** с множественным выбором (2 верных ответа из 5 предложенных) в этой группе относится к заданиям повышенного уровня и проверяет умение интерпретировать результаты экспериментов, представленных в виде графиков или таблиц. Примеры таких заданий приведены ниже.

### Пример 18

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 её начального значения.
- 3) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало в ящик с песком на балконе.
- 4) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало в песок в кузове проезжающего мимо грузовика.
- 5) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало на Землю, испытав неупругий удар.

Ответ:

--	--

### Пример 19

Стеклнную линзу (показатель преломления стекла  $n_{\text{стекла}} = 1,54$ ), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ( $n_{\text{воздуха}} = 1$ ) в воду ( $n_{\text{воды}} = 1,33$ ). Выберите **два** верных утверждения о характере изменений, произошедших с линзой:

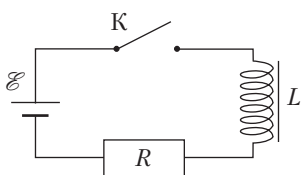
- 1) Фокусное расстояние увеличилось, оптическая сила уменьшилась.
- 2) Фокусное расстояние уменьшилось, оптическая сила увеличилась.
- 3) Линза из собирающей превратилась в рассеивающую.
- 4) Линза из рассеивающей превратилась в собирающую.
- 5) Линза осталась собирающей.

Ответ:

--	--

### Пример 20

Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор  $R = 40$  Ом (см. рисунок). В момент  $t = 0$  ключ  $K$  замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью  $\pm 0,01$  А, представлены в таблице.



$t, \text{с}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$I, \text{А}$	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,29	0,29	0,30	0,30

Выберите **два** верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) Ток через резистор в процессе наблюдения не изменяется.
- 2) Через 5 с после замыкания ключа ток через катушку полностью прекратился.
- 3) ЭДС источника тока составляет 12 В.
- 4) В момент времени  $t = 3,0$  с ЭДС самоиндукции катушки равно 0,29 В.
- 5) В момент времени  $t = 1,0$  с напряжение на резисторе равно 7,6 В.

Ответ:

--	--

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

Вторая часть 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 2015 г. будет 8 различных задач. Общее число задач сокращено за счёт одной задачи повышенного уровня и одной задачи высокого уровня сложности. Таким образом, в каждом варианте будет 3 расчётных задачи повышенного уровня сложности с самостоятельной записью числового ответа и 5 задач с развёрнутым ответом, из которых одна качественная и четыре – расчётные.

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, с одной стороны, в разных задачах в одном варианте не используются одинаковые не слишком значимые содержательные элементы, но применение фундаментальных законов сохранения может встретиться в двух-трёх 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. Приводим пример возможного распределения тематики задач во второй части 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 расчётных 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 отдаётся стандартным формулировкам, а их подбор будет осуществляться преимущественно с ориентацией на открытый банк заданий.

При подготовке учащихся к выполнению заданий № 25–27 необходимо обратить внимание на запись ответа. Как правило, будут использоваться задачи, в которых *не нужно делать приближённых вычислений*, то есть ответом является целое число или десятичная дробь. После каждой задачи предлагается формат записи ответа, указывается место для числового ответа и единицы физических величин, в которых необходимо выразить ответ. Ниже приведены два примера заданий, из которых понятна форма записи ответа в тексте варианта.

**Пример 21**

Ёмкость конденсатора в цепи переменного тока равна 50 мкФ. Зависимость напряжения между обкладками конденсатора от времени имеет вид:  $U = a \sin(bt)$ , где  $a = 60$  В и  $b = 500$  с<sup>-1</sup>. Найдите амплитуду колебаний силы тока в цепи.

Ответ. \_\_\_\_\_ А.

**Пример 22**

Предмет высотой 6 см находится 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 учащийся вносит в указанное место в варианте числовой ответ, проверяя его в соответствии с указанными единицами физических величин. В конце работы в бланк ответа № 1 переносится **только число – без единиц физических величин**.

Существенное увеличение доли заданий с самостоятельной записью числового ответа увеличивает и риск ошибок в вычислениях. При отсутствии вариантов возможных ответов отсутствует и возможность заметить ошибку в арифметике. Поэтому возникает необходимость ещё раз вернуться к разговору о калькуляторах и расчётах с использованием физических постоянных.

На ЕГЭ по физике можно использовать непрограммируемый калькулятор. Лучше всего подходят различные инженерные калькуляторы, которые позволяют записывать выражения в естественном виде и выполняют не только все арифметические действия, операции возведения в квадрат и извлечения квадратного корня, но и операции вычисления тригонометрических функций (синус, косинус, тангенс). Поскольку существует множество различных калькуляторов, которые организаторы ЕГЭ не всегда могут отнести именно к непрограммируемым, то учителю желательно заранее убедиться, что у его выпускников не будет проблем с пропуском на ЕГЭ с их моделями калькуляторов.

При проведении расчётов в заданиях всех частей работы достаточно часто нужно использовать различные физические постоянные. Как правило, их значения приводятся в справочных таблицах в начале каждого варианта. Запись постоянных величин (в справочных данных к варианту) приведена в тех или иных приближениях (как правило, исходя из соображений уменьшения сложности вычислений). Все ответы в тесте вычислены с учётом этих округлений. Особенно это касается задач № 25–27, в которых ответ «без округления» получается только с использованием указанных в варианте значений физических постоянных.

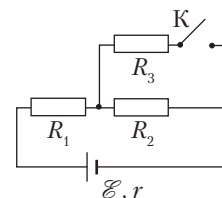
Решая первые три задачи из второй части работы, учащиеся должны: 1) убедиться, что в ответе получается целое число или десятичная дробь, не нуждающаяся в округлении; 2) проверить правильность перевода ответа в единицы, которые указаны в строке «*Ответ:* \_\_\_\_\_» в задаче.

Для расчётных задач высокого уровня сложности необходим анализ всех этапов решения, поэтому они предлагаются в виде заданий с развёрнутым ответом № 29–32. Здесь используются изменённые ситуации, в которых необходимо оперировать бóльшим, чем в типовых задачах, числом законов и формул, вводить дополнительные обоснования в решение и тому подобное, или совершенно новые ситуации, которые не встречались ранее в учебной литературе и предполагают серьёзную деятельность по анализу физических процессов и самостоятельному выбору физической модели для решения задачи.

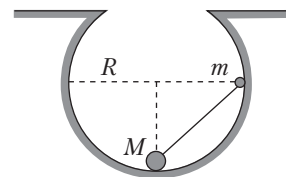
Расчётные задачи в одном варианте подбираются разной трудности: от 10 до 30–40% выполнения. Как правило, самое трудное задание рассчитано лишь на выпускников высокого уровня подготовки, а с менее сложными справляется и менее подготовленная группа тестируемых. Ниже приведены два примера заданий из одного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

**Пример 23**

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

**Пример 24**

Небольшие шарики, массы которых  $m = 30$  г и  $M = 60$  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  $R$ ?



Приступая к выполнению расчётных задач № 29–32, целесообразно сначала ознакомиться с содержанием всех четырёх задач и сгруппировать их по сложности (индивидуально для каждого выпускника). Начинать лучше с простых заданий, чтобы не потерять баллы на оформлении или случайных ошибках, которые наиболее вероятны, если выполнять эти задания в конце и в спешке.

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. Объём контролируемых элементов содержания оставлен без изменений в соответствии с требованиями федерального компонента стандарта образования. Изменения связаны с внесением в кодификатор всего перечня формул, выносимых на единый государственный экзамен. Ниже приведён фрагмент кодификатора, который демонстрирует суть внесённых изменений.

**Пример (фрагмент кодификатора)**

2.1.10	<p>Модель идеального газа в термодинамике:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Уравнение Менделеева–Клапейрона.</li> <li>• Выражение для внутренней энергии.</li> </ul> <p>Уравнение Менделеева–Клапейрона (применимые формы записи):</p> $pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT; \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}.$ <p>Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи):</p> $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{\mu} RT = \frac{3}{2} pV = \nu c_V T = C_{VN} T.$
2.1.11	<p>Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов: <math>p = p_1 + p_2 + \dots</math></p>
2.1.12	<p>Изопрцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц <math>N</math> (с постоянным количеством вещества <math>\nu</math>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– изотерма (<math>T = \text{const}</math>): <math>pV = \text{const}</math>;</li> <li>– изохора (<math>V = \text{const}</math>): <math>\frac{p}{T} = \text{const}</math>;</li> <li>– изобара (<math>p = \text{const}</math>): <math>\frac{V}{T} = \text{const}</math>.</li> </ul> <p>Графическое представление изопрцессов на <math>p, V, p, T</math>- и <math>V, T</math>-диаграммах</p>

Введение формул в кодификатор связано, в первую очередь, с особенностями оценивания расчётных задач с развёрнутым 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 приведённого выше фрагмента кодификатора, в нём учтены различные формы записи закономерностей. Однако другие сочетания из формул или формулы, уже полученные путём преобразования нескольких формул из кодификатора, не будут приниматься

в качестве верных исходных уравнений для решения задач № 29–32.

Кроме того в критериях оценивания расчётных 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. Допускается вводить новые обозначения на рисунке (чертеже). 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, и т. п.). Однако здесь также надо учитывать, что используемые обозначения должны соответствовать стандартным обозначениям кодификатора.

В критериях оценивания расчётных задач требования к полному правильному ответу (на 3 балла) оставлены без изменений, но внесены изменения в критерии оценивания на 2 балла:

**Оценка 3 балла**

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

- I. Записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: \_\_\_\_\_).
- II. 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).
- III. Проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями).
- IV. Представлен правильный ответ с указанием единиц искомой физической величины.

**Оценка 2 балла**

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования.

\*Стандартными считаются обозначения, принятые в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения единого государственного экзамена по физике.



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 тому подобное).

#### 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 физических величин).

Таким образом, решение задачи, оцениваемое в 2 балла, 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. Другими словами, эксперт может снизить оценку за верное решение, если учащийся не описал одну из вводимых вновь физических величин. Однако теми же 2-мя баллами будет оценено решение, в котором допущена ошибка в преобразованиях, и соответственно получен неверный ответ, а также есть недочёты в описании новых величин. Ясно, что в обоих случаях учащийся 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 развёрнутым 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 поправки внесены в описание ответов на 2 и 1 балл (см. критерии оценивания в демонстрационном варианте).

Здесь хочется ещё раз отметить, что решение, оцениваемое 2-мя баллами, обязательно предполагает *правильный ответ и объяснение*.

В объяснении допускается целый ряд недостатков (как один, так и все перечисленные в этом пункте критериев): логический недочёт (то есть 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 закономерности, то решение оценивается максимально 1 баллом.

С этими важными изменениями в оценивании заданий с развёрнутым ответом нужно обязательно ознакомить учащихся в процессе подготовки к экзамену. Новые критерии оценивания публикуются в демонстрационном варианте экзаменационной работы и останутся такими же в реальных вариантах 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, например, различные сборники для подготовки к единому экзамену, выпущенные под грифом ФИПИ. 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 экзаменам остаются прежними.

Однако обновлённая структура КИМ ЕГЭ по физике потребует некоторой тренировки в плане освоения технологии выполнения заданий с самостоятельной записью числового ответа и работы в новом бланке ответов № 1. Для этого целесообразно запланировать выполнение тренировочных работ в формате КИМ ЕГЭ с использованием нового бланка ответов. Это можно сделать либо при помощи новых сборников с типовыми вариантами КИМ ЕГЭ-2015 г., выходящими в издательствах «Национальное образование», «Экзамен» и «Интеллект-Центр», либо использовать тренировочные тестирования, которые проводит ФЦТ с использованием вариантов, разработанных ФИПИ.

Надеемся, что анализ результатов и наши рекомендации помогут вам более эффективно организовать подготовку учащихся к сдаче ЕГЭ по физике.

КОДЫ ОТВЕТОВ, ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

Пример	1	2	3	4	5	6
Ответ	3	4	2	4	3	1
Пример	7	8	9	10	11	12
Ответ	1,5	7	5	1	11	42
Пример	13	14	15	16	17	18
Ответ	43	43	4	4	4	24
Пример	19	20	21	22	23	24
Ответ	15	35	1,5	20	≈ 1,56	30

Возможные решения примеров 23, 24

**Пример 23**

Мощность  $P = I^2 R$ .

1. Ключ разомкнут. Из закона Ома для замкнутой цепи:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{\mathcal{E}}{2R + r}, \quad P_1 = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(2R + r)^2}.$$

2. Ключ замкнут.  $R_{23} = \frac{R}{2}$ ;

$$I_{II} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_{23} + r} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{3}{2}R + r}, \quad P_{II} = \frac{\mathcal{E}^2 R}{\left(\frac{3}{2}R + r\right)^2}.$$

Отношение мощностей:

$$\frac{P_{II}}{P_1} = \frac{(2R + r)^2}{\left(\frac{3}{2}R + r\right)^2} = \frac{(2 \cdot 1 + 0,5)^2}{\left(\frac{3}{2} \cdot 1 + 0,5\right)^2} \approx 1,56.$$

*Ответ.* Мощность увеличится в  $\frac{25}{16} \approx 1,56$  раза.

**Пример 24**

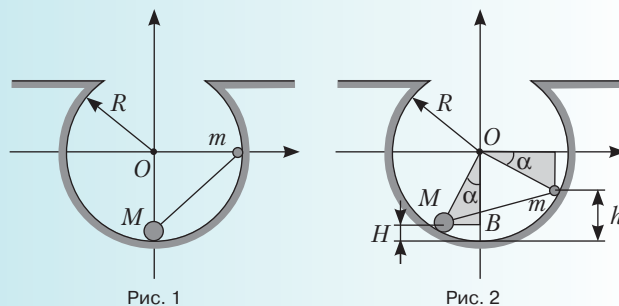
Полная механическая энергия системы, равная сумме кинетической и потенциальной энергии, сохраняется, так как выемка гладкая и работа сил реакции стенок, в любой момент времени перпендикулярных скоростям шариков, равна нулю:

$$E = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = \text{const.}$$

В начальный момент и момент подъёма на максимальную высоту  $H$  кинетическая энергия системы равна нулю, поэтому её потенциальная энергия в эти моменты времени одинакова:

$$E_{\text{пот}}^{\text{нач}} = E_{\text{пот}}^{\text{конечн}}.$$

Начальное положение системы изображено на рис. 1, а конечное – на рис. 2.



Если отсчитывать потенциальную энергию от нижней точки выемки, то начальная потенциальная энергия системы  $E_{\text{пот}}^{\text{нач}} = mgR$ , а её конечная потенциальная энергия  $E_{\text{пот}}^{\text{конечн}} = mgh + MgH$ . Закон сохранения энергии приводит к уравнению

$$mgR = mgh + MgH,$$

из которого следует, что  $(R - h) = \frac{M}{m}H$ .

При движении «гантели» по поверхности выемки высоты подъёма большого и малого грузов связаны. Поэтому угол  $MOm$  остаётся прямым. Заметим, что в прямоугольных треугольниках  $OmA$  и  $OMB$  выполняются соотношения:  $MB = mA = R - h$ ,  $OA = OB = R - H$ ,  $OM = Om = R$ .

Вспользуемся теоремой Пифагора:

$$(R - h)^2 = R^2 - (OA)^2 = R^2 - (R - H)^2.$$

Отсюда следует:  $(R - h)^2 = H(2R - H)$ .

Подставим сюда выражение  $(R - h) = \frac{M}{m}H$ , полученное из закона сохранения энергии, и получим:

$$R = \frac{H}{2} \left( 1 + \frac{M^2}{m^2} \right).$$

После подстановки числовых значений физических величин получим:

$$R = 6(1 + 4) = 30 \text{ см.}$$

Отметим, что задачу можно решить, используя угол  $\alpha$ , введённый на рис. 1 и 2, и получая тригонометрическое уравнение для  $\alpha$ .

*Ответ.*  $R = 30$  см.