

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

**Демонстрационный вариант**  
контрольных измерительных материалов  
единого государственного экзамена 2015 года  
по физике

подготовлен Федеральным государственным бюджетным  
научным учреждением

«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

## **Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

### **Пояснения к демонстрационному варианту контрольных измерительных материалов 2015 года по ФИЗИКЕ**

При ознакомлении с демонстрационным вариантом контрольных измерительных материалов 2015 г. следует иметь в виду, что задания, включённые в демонстрационный вариант, не отражают всех вопросов содержания, которые будут проверяться с помощью вариантов КИМ в 2015 г. Полный перечень вопросов, которые могут контролироваться на едином государственном экзамене 2015 г., приведён в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена 2015 г. по физике.

Назначение демонстрационного варианта заключается в том, чтобы дать возможность любому участнику ЕГЭ и широкой общественности составить представление о структуре будущих КИМ, количестве и форме заданий, уровне сложности. Приведённые критерии оценки выполнения заданий с развёрнутым ответом, включённые в этот вариант, дают представление о требованиях к полноте и правильности записи развёрнутого ответа.

Эти сведения позволят выпускникам выработать стратегию подготовки и сдачи ЕГЭ.



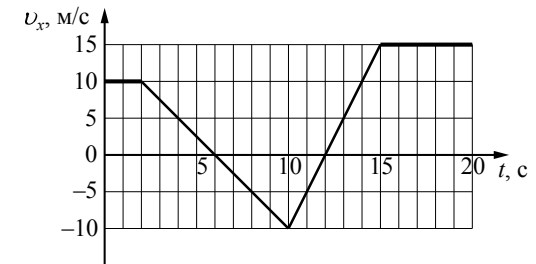
<b>Соотношение между различными единицами</b>			
температура	0 К = -273 °С		
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66·10 <sup>-27</sup> кг		
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ		
1 электронвольт	1 эВ = 1,6·10 <sup>-19</sup> Дж		
<b>Масса частиц</b>			
электрона	9,1·10 <sup>-31</sup> кг ≈ 5,5·10 <sup>-4</sup> а.е.м.		
протона	1,673·10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,007 а.е.м.		
нейтрона	1,675·10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,008 а.е.м.		
<b>Плотность</b>			
	подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>	
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>
<b>Удельная теплоёмкость</b>			
воды	4,2·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	2,1·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		
<b>Удельная теплота</b>			
парообразования воды	2,3·10 <sup>6</sup> Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 <sup>4</sup> Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 <sup>5</sup> Дж/кг		
<b>Нормальные условия:</b> давление – 10 <sup>5</sup> Па, температура – 0 °С			
<b>Молярная масса</b>			
азота	28·10 <sup>-3</sup> кг/моль	гелия	4·10 <sup>-3</sup> кг/моль
аргона	40·10 <sup>-3</sup> кг/моль	кислорода	32·10 <sup>-3</sup> кг/моль
водорода	2·10 <sup>-3</sup> кг/моль	лития	6·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воздуха	29·10 <sup>-3</sup> кг/моль	неона	20·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воды	18·10 <sup>-3</sup> кг/моль	углекислого газа	44·10 <sup>-3</sup> кг/моль

**Часть 1**

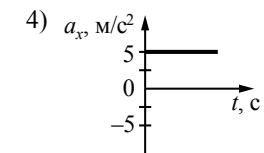
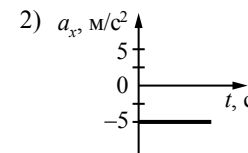
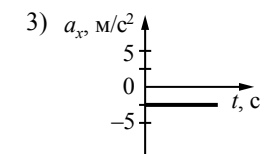
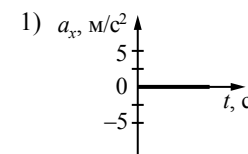
*Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Цифры в последовательности записываются без пробелов, запятых и других дополнительных символов. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**1**

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени.



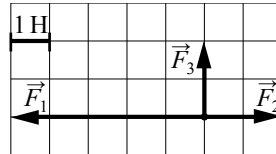
Какой из указанных ниже графиков совпадает с графиком зависимости от времени проекции ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 6 с до 10 с?



Ответ:

2

На рисунке показаны силы, действующие на материальную точку. Определите модуль равнодействующей силы (в заданном масштабе).



- 1) 6 Н
- 2)  $\sqrt{13}$  Н
- 3)  $2\sqrt{5}$  Н
- 4)  $3\sqrt{2}$  Н

Ответ:

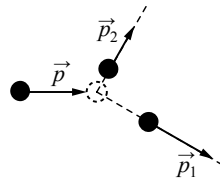
3

К пружине школьного динамометра подвешен груз массой 0,1 кг. При этом пружина удлинилась на 2,5 см. Определите удлинение пружины при добавлении ещё двух грузов по 0,1 кг.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

4

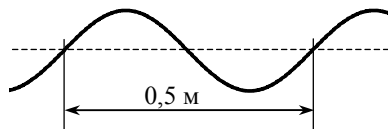
На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. Налетевший шар имел до удара импульс  $p = 0,5$  кг·м/с. После удара шары разлетелись под углом  $90^\circ$  так, что импульс одного  $p_1 = 0,4$  кг·м/с (см. рисунок). Каков импульс другого шара после соударения?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

5

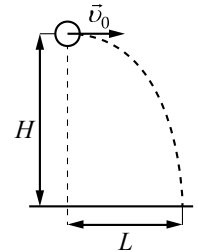
Учитель продемонстрировал опыт по распространению волны по длинному шнуру. В один из моментов времени форма шнура оказалась такой, как показано на рисунке. Скорость распространения колебаний по шнуру равна 2 м/с. Определите частоту колебаний.



Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

6

Шарик, брошенный горизонтально с высоты  $H$  с начальной скоростью  $v_0$ , за время  $t$  пролетел в горизонтальном направлении расстояние  $L$  (см. рисунок). Что произойдёт с временем полёта и дальностью полёта, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



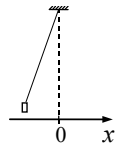
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

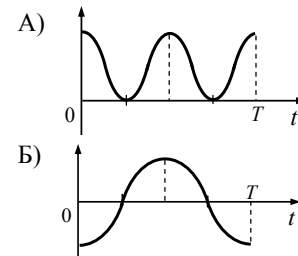
Время полёта	Дальность полёта

7

Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент  $t = 0$ пустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата  $x$
- 2) проекция скорости  $v_x$
- 3) кинетическая энергия  $E_k$
- 4) потенциальная энергия  $E_p$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

**8** Лёд при температуре 0 °С внесли в тёплое помещение. Что будет происходить с температурой льда до того, как он растает, и почему?

Температура льда

- 1) повысится, так как лёд получает тепло от окружающей среды, значит, его внутренняя энергия растёт, и температура льда повышается
- 2) не изменится, так как при плавлении лёд получает тепло от окружающей среды, а затем отдает его обратно
- 3) не изменится, так как вся энергия, получаемая льдом в это время, расходуется на разрушение кристаллической решётки
- 4) понизится, так как при плавлении лёд отдаёт окружающей среде некоторое количество теплоты

Ответ:

**9** Внешние силы совершили над идеальным газом работу 300 Дж, и при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 500 Дж. Выберите верное утверждение, характеризующее этот процесс.

В этом процессе газ

- 1) отдал количество теплоты 100 Дж
- 2) получил количество теплоты 200 Дж
- 3) отдал количество теплоты 400 Дж
- 4) получил количество теплоты 400 Дж

Ответ:

**10** Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 30%. Какова будет относительная влажность, если перемещением поршня объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

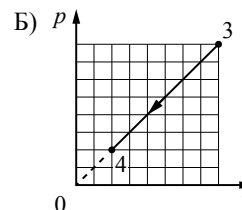
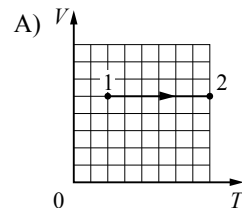
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Давление газа в сосуде	Внутренняя энергия газа в сосуде

**12** На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль гелия. Графики построены в координатах  $V-T$  и  $p-V$ , где  $p$  – давление,  $V$  – объём и  $T$  – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца.

**ГРАФИКИ**



**УТВЕРЖДЕНИЯ**

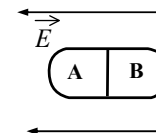
- 1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу.
- 4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

**13** Незаряженное металлическое тело внесли в однородное электростатическое поле, а затем разделили на части А и В (см. рисунок). Какими электрическими зарядами обладают эти части после деления?

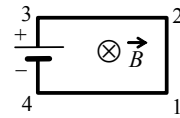


- 1) А – положительным; В – останется нейтральным
- 2) А – останется нейтральным; В – отрицательным
- 3) А – отрицательным; В – положительным
- 4) А – положительным; В – отрицательным

Ответ:

14

Электрическая цепь, состоящая из четырёх прямолинейных горизонтальных проводников (1–2, 2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого  $\vec{B}$  направлен вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). Куда направлена сила Ампера, действующая на проводник 1–2?

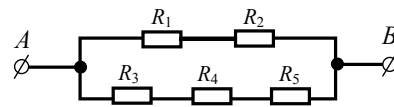


- 1) вертикально вверх  $\odot$
- 2) вертикально вниз  $\otimes$
- 3) горизонтально вправо  $\rightarrow$
- 4) горизонтально влево  $\leftarrow$

Ответ:

15

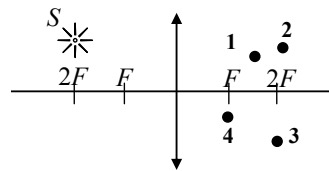
Сопротивление каждого резистора в цепи на рисунке равно 100 Ом. Чему равно напряжение на резисторе  $R_2$  при подключении участка к источнику постоянного напряжения 12 В выводами  $A$  и  $B$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

16

В какой из точек (1, 2, 3 или 4) находится изображение светящейся точки  $S$  (см. рисунок), создаваемое тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$ ?



Ответ: точка \_\_\_\_\_.

17

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $B$  со скоростью  $\vec{v}$  и движется по окружности радиусом  $R$ . Что произойдёт с радиусом орбиты и периодом обращения частицы при уменьшении скорости её движения?

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.

Радиус орбиты	Период обращения

18

Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальный заряд пластины конденсатора равен  $q$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. Сопротивлением контура пренебречь.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) максимальная энергия электрического поля конденсатора
- Б) максимальная сила тока, протекающего через катушку

ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{q^2}{2C}$
- 2)  $q\sqrt{\frac{C}{L}}$
- 3)  $\frac{q}{\sqrt{LC}}$
- 4)  $\frac{Cq^2}{2}$

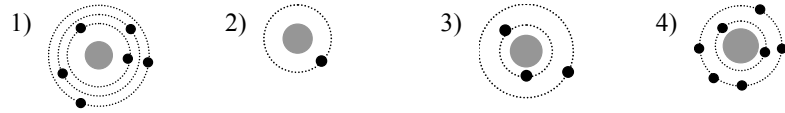
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

19

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



Ответ:

20

Элемент менделевий был получен при бомбардировке  $\alpha$ -частицами ядер элемента X в соответствии с реакцией  $X + {}^4_2\text{He} \longrightarrow {}^{256}_{101}\text{Md} + {}^1_0\text{n}$ . Определите элемент X.

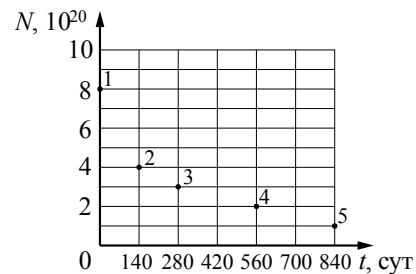
- 1) эйнштейний  ${}^{253}_{99}\text{Es}$
- 2) лоуренсий  ${}^{253}_{103}\text{Lr}$
- 3) фермий  ${}^{252}_{100}\text{Fm}$
- 4) нобелий  ${}^{254}_{102}\text{No}$

Ответ:

21

Ядра полония  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 140 дней. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер полония. Через какую из точек, кроме точки A, пройдёт график зависимости от времени числа ещё не испытавших радиоактивного распада ядер полония?

Ответ: через точку \_\_\_\_\_.



22

Монохроматический свет с энергией фотонов  $E_\phi$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. Напряжение, при котором фототок прекращается, равно  $U_{\text{зап}}$ . Как изменятся модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$  и длина волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов  $E_\phi$  увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

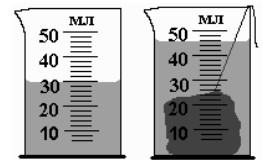
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	«Красная граница» фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}}$

23

При измерении объёма тела его погрузили в мензурку (см. рисунок). Погрешность измерения объёма при помощи данной мензурки равна её цене деления. Какая запись для объёма тела наиболее правильная?



- 1) 46 мл  $\pm$  1 мл
- 2) 46 мл  $\pm$  2 мл
- 3) 16 мл  $\pm$  1 мл
- 4) 16 мл  $\pm$  2 мл

Ответ:

24

На рис. 1 приведена схема установки, с помощью которой исследовалась зависимость напряжения на реостате от величины протекающего тока при движении ползунка реостата **справа налево**. На рис. 2 приведены графики, построенные по результатам измерений для двух разных источников напряжения.

Выберите **два** утверждения, соответствующих результатам этих опытов, и запишите в таблицу цифры, под которыми указаны эти утверждения. Вольтметр считать идеальным.

- 1) При силе тока 12 А вольтметр показывает значение ЭДС источника.
- 2) Ток короткого замыкания равен 12 А.
- 3) Во втором опыте сопротивление резистора уменьшалось с большей скоростью.
- 4) Во втором опыте ЭДС источника в 2 раза меньше, чем в первом.
- 5) В первом опыте ЭДС источника равна 5 В.

Ответ:

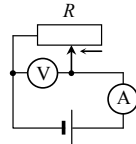


Рис. 1

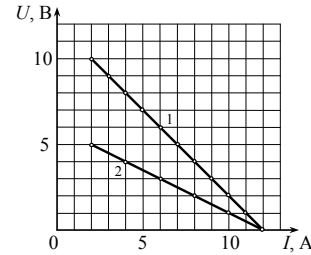


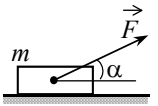
Рис. 2

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

25

Брусочек массой  $m = 2$  кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы  $F = 12$  Н. Модуль силы трения, действующей на брусочек,  $F_{\text{тр}} = 2,8$  Н. Чему равен коэффициент трения между брусочком и плоскостью?



Ответ: \_\_\_\_\_.

26

Кусок льда, имеющий температуру  $0^\circ\text{C}$ , помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду температурой  $20^\circ\text{C}$ , 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.

Ответ: \_\_\_\_\_  $^\circ\text{C}$ .

27

Дифракционная решётка с периодом  $10^{-5}$  м расположена параллельно экрану на расстоянии 0,75 м от него. На решётку по нормали к ней падает пучок света с длиной волны 0,4 мкм. Максимум какого порядка будет наблюдаться на экране на расстоянии 3 см от центра дифракционной картины? Считать  $\sin\alpha \approx \text{tg}\alpha$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

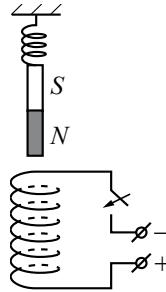
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**



Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

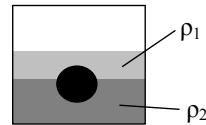
Непосредственно над неподвижно закреплённой проволочной катушкой на её оси на пружине подвешен полосовой магнит (см. рисунок). Куда начнёт двигаться магнит сразу после замыкания ключа? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

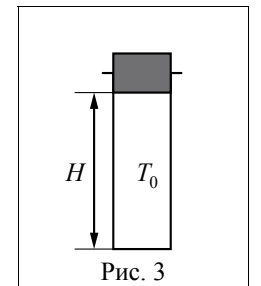
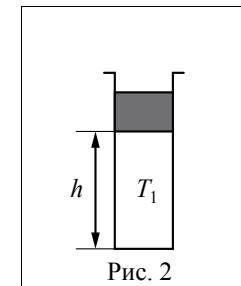
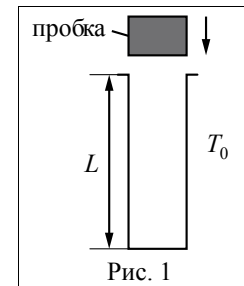
29

На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности  $\rho_1 = 900 \text{ кг/м}^3$  и  $\rho_2 = 3\rho_1$ , плавает шарик (см. рисунок). Какова должна быть плотность шарика  $\rho$ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объёма?



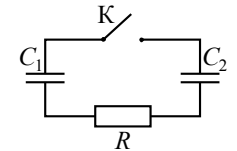
30

В камере, заполненной азотом, при температуре  $T_0 = 300 \text{ К}$  находится открытый цилиндрический сосуд (рис. 1). Высота сосуда  $L = 50 \text{ см}$ . Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры  $T_1$ . В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится  $h = 40 \text{ см}$  (рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры  $T_0$ . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится  $H = 46 \text{ см}$  (рис. 3). Чему равна температура  $T_1$ ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.



31

Заряженный конденсатор  $C_1 = 1 \text{ мкФ}$  включён в последовательную цепь из резистора  $R = 300 \text{ Ом}$ , незаряженного конденсатора  $C_2 = 2 \text{ мкФ}$  и разомкнутого ключа К (см. рисунок). После замыкания ключа в цепи выделяется количество теплоты  $Q = 30 \text{ мДж}$ . Чему равно первоначальное напряжение на конденсаторе  $C_1$ ?



32

Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходе с верхнего уровня энергии на нижний атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с  $n = 1$  образуют серию Лаймана; на уровень с  $n = 2$  – серию Бальмера; на уровень с  $n = 3$  – серию Пашена и т.д. Найдите отношение  $\beta$  минимальной частоты фотона в серии Бальмера к максимальной частоте фотона в серии Пашена.

### Система оценивания экзаменационной работы по физике

#### Задания 1–27

За правильный ответ на каждое из заданий 1–5, 8–10, 13–16, 19–21, 22, 23 и 25–27 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемая цифра или число.

Каждое из заданий 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует – 0 баллов.

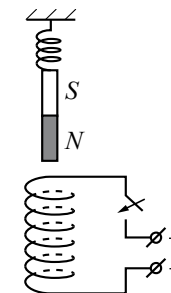
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	3	15	6
2	2	16	3
3	7,5	17	23
4	0,3	18	13
5	4	19	3
6	32	20	1
7	41	21	В
8	3	22	13
9	2	23	4
10	90	24	24 или 42
11	32	25	0,2
12	42	26	0
13	4	27	1
14	3		

#### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Решения заданий 28–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

28

Непосредственно над неподвижно закреплённой проволочной катушкой на её оси на пружине подвешен полосовой магнит (см. рисунок). Куда начнёт двигаться магнит сразу после замыкания ключа? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.

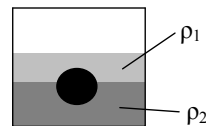


Возможное решение	
1. Когда ключ разомкнут, тока в катушке нет, магнит висит неподвижно, и пружина растянута. 2. После замыкания ключа в катушке потечёт ток (от + к – источника напряжения) и индукция магнитного поля катушки (вблизи её оси) будет направлена вниз (правило буравчика). 3. Катушка с током аналогична полосовому магниту, северный полюс которого в данном случае расположен у её нижнего торца, а южный – у верхнего. Поскольку разноименные полюса магнитов притягиваются друг к другу, значит, магнит будет притягиваться к катушке (опускаться вниз)	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>указано направление движения магнита</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>определено направление тока через катушку после замыкания ключа и направление индукции магнитного поля вблизи верхнего торца катушки с указанием на используемые правила, проведена аналогия с взаимодействием двух магнитов</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.  В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)  И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.	2

<p>И (ИЛИ)</p> <p>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.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

29

На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности  $\rho_1 = 900 \text{ кг/м}^3$  и  $\rho_2 = 3\rho_1$ , плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика  $\rho$ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объёма?



<p>Возможное решение</p> <p>Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землёй. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравновешивает действующую на него силу тяжести: <math>\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho(V_1 + V_2)g</math> (здесь <math>V_1</math> и <math>V_2</math> — соответственно объёмы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:</p>
---

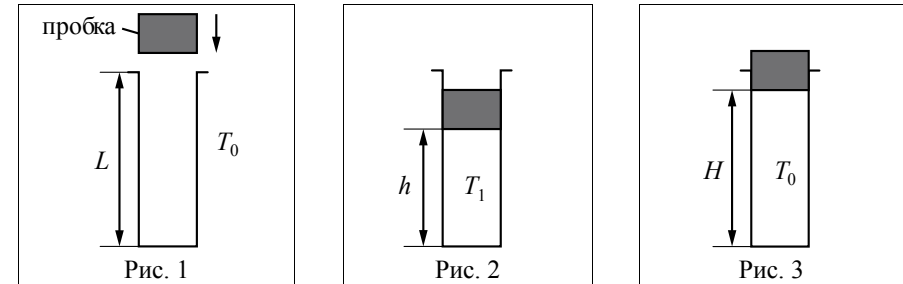
$\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$ <p>Доли объёма шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением</p> $\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$ <p>Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:</p> $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}.$ <p>По условию задачи <math>\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{3}</math>, так что <math>\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{3}</math>, откуда</p> $\rho = \frac{1}{3}(\rho_1 + 2\rho_2) = \frac{7}{3}\rho_1 = 2100 \text{ кг/м}^3.$ <p>Ответ: <math>\rho = 2100 \text{ кг/м}^3</math></p>	
<p>Критерии оценивания выполнения задания</p> <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:                  I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон Архимеда и второй закон Ньютона</i>);                  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений<sup>1</sup> величин, используемых при написании физических законов</i>);                  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 измерения искомой величины</p>	3
<p>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.</p>	2

<sup>1</sup> Здесь и далее стандартными считаются обозначения, принятые в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения единого государственного экзамена по физике.

<p>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.).</p> <p>И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

30

В камере, заполненной азотом, при температуре  $T_0 = 300$  К находится открытый цилиндрический сосуд (см. рис. 1). Высота сосуда  $L = 50$  см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры  $T_1$ . В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится равным  $h = 40$  см (см. рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры  $T_0$ . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится равным  $H = 46$  см (см. рис. 3). Чему равна температура  $T_1$ ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.



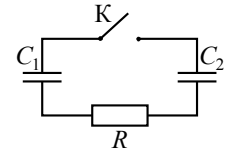
<p style="text-align: center;"><b>Возможное решение</b></p> <p>1. Пусть <math>p_0</math> – давление азота в камере;  <math>p_1</math> – давление в сосуде в ситуации на рис. 2;  <math>p_2</math> – давление в сосуде при температуре <math>T_0</math> в конце опыта;  <math>S</math> – площадь горизонтального сечения сосуда.</p> <p>2. Параметры азота в сосуде в первоначальном состоянии и при температуре <math>T_1</math> связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона – Менделеева:  <math display="block">\frac{p_1 h S}{T_1} = \frac{p_0 L S}{T_0}, \text{ откуда } p_1 = p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.</math>         Условие равновесия пробки при температуре <math>T_1</math>:  <math>p_0 S - F_{\text{тр}} - p_1 S = 0</math>, откуда <math>F_{\text{тр}} = (p_0 - p_1) S</math>.</p> <p>3. Параметры воздуха в сосуде в первоначальном и конечном состояниях тоже связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона – Менделеева:  <math display="block">\frac{p_2 H S}{T_0} = \frac{p_0 L S}{T_0}, \text{ откуда } p_2 = p_0 \cdot \frac{L}{H}.</math>         Условие равновесия пробки в конечном состоянии:  <math>p_2 S - F_{\text{тр}} - p_0 S = 0</math>,          откуда  <math display="block">p_2 = p_0 + \frac{F_{\text{тр}}}{S} = p_0 + p_0 - p_1 = 2p_0 - p_1 = 2p_0 - p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.</math> <p>4. Приравняв друг другу два выражения для <math>p_2</math>, получаем равенство  <math display="block">\frac{L}{H} = 2 - \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.</math>         Отсюда: <math>T_1 = T_0 \cdot \frac{h}{L} \cdot \left(2 - \frac{L}{H}\right) \approx 219</math> К.</p> <p>Ответ: <math>T_1 \approx 219</math> К</p> </p>
---

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>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: <i>уравнение Клапейрона – Менделеева; условие равновесия тела, движущегося поступательно</i>);                      II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);                      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 измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>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.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи</p>	1

ИЛИ	
<p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленными на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

31

Заряженный конденсатор  $C_1 = 1$  мкФ включён в последовательную цепь из резистора  $R = 300$  Ом, незаряженного конденсатора  $C_2 = 2$  мкФ и разомкнутого ключа К (см. рисунок). После замыкания ключа в цепи выделяется количество теплоты  $Q = 30$  мДж. Чему равно первоначальное напряжение на конденсаторе  $C_1$ ?



Возможное решение	
<p>1. Первоначальный заряд конденсатора <math>q = C_1 U</math>.</p> <p>2. В результате перезарядки конденсаторов после замыкания ключа их заряды равны соответственно <math>q_1</math> и <math>q_2</math>, причём <math>q_1 + q_2 = C_1 U</math> (1) (по закону сохранения электрического заряда).</p> <p>3. В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе <math>R</math> становится равным нулю. Поэтому</p> $\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}. \quad (2)$ <p>4. По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях: <math>Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \left( \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2} \right)</math>. (3)</p> <p>Решая систему уравнений (1)–(3), получаем:</p> $U = \sqrt{\frac{2Q(C_1 + C_2)}{C_1 C_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} (10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})}{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 300 \text{ В}.$ <p>Ответ: <math>U = 300</math> В</p>	

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула связи заряда конденсатора с напряжением, закон сохранения заряда, закон Ома для участка цепи и закон сохранения энергии</i>);</p> <p>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);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>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.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи</p>	1

ИЛИ	
<p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

32

Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой

$$E_n = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

При переходе с верхнего уровня энергии на нижний атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с  $n = 1$  образуют серию Лаймана; на уровень с  $n = 2$  – серию Бальмера; на уровень с  $n = 3$  – серию Пашена и т.д. Найдите отношение  $\beta$  минимальной частоты фотона в серии Бальмера к максимальной частоте фотона в серии Пашена.

Возможное решение
<p>Частота фотона связана с его энергией равенством <math>h\nu = E</math>, где <math>h</math> – постоянная Планка. В серии Бальмера энергия фотона равна <math>E_n - E_2</math>, где <math>n = 3, 4, \dots</math>. Аналогично в серии Пашена энергия фотона равна <math>E_n - E_3</math>, где <math>n = 4, 5, \dots</math>.</p> <p>Минимальная частота фотона в серии Бальмера будет при условии перехода с 3-го уровня, максимальной частота фотона в серии Пашена будет при переходе с самого высокого (<math>n = \infty</math>) уровня.</p> <p>В серии Бальмера энергия фотона равна <math>E_n - E_2</math>, где <math>n = 3, 4, \dots</math>. Аналогично в серии Пашена энергия фотона равна <math>E_n - E_3</math>, где <math>n = 4, 5, \dots</math>.</p> <p>Поэтому</p> $\beta = \frac{E_3 - E_2}{E_\infty - E_3} = \frac{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}}{\frac{1}{3^2} - 0} = 1,25.$ <p>Ответ: <math>\beta = 1,25</math></p>

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:            I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражение для энергии фотона, постулаты Бора, условия максимальности и минимальности частот</i>);            II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);            III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);            IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>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.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минобрнауки России от 26.12.2013 № 1400 зарегистрирован Минюстом России 03.02.2014 № 31205)

«61. По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют баллы за каждый ответ на задания экзаменационной работы ЕГЭ с развернутым ответом...

62. В случае существенного расхождения в баллах, выставленных двумя экспертами, назначается третья проверка. Существенное расхождение в баллах определено в критериях оценивания по соответствующему учебному предмету.

Эксперту, осуществляющему третью проверку, предоставляется информация о баллах, выставленных экспертами, ранее проверявшими экзаменационную работу».

Если расхождение составляет 2 и более балла за выполнение любого из заданий, то третий эксперт проверяет ответы только на те задания, которые вызвали столь существенное расхождение.