ПРОЕКТ

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.

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

Демонстрационный вариант
контрольных измерительных материалов
для проведения в 2015 году единого государственного экзамена
по ФИЗИКЕ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из 2 частей, включающих в себя 32 задания.

Ответы к заданиям 1, 2, 8, 9, 13, 14, 19, 20 и 23 запишите в бланк ответов № 1 в виде одной цифры, которая соответствует номеру правильного ответа.

КИМ Ответ: 4 Бланк 2 4

В заданиях 3–5, 10, 15, 16, 21, 25–27 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ: 7,5 см. Бланк 3 7 , 5

Ответом к заданиям 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 является последовательность двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в бланк ответа № 1.

КИМ Ответ:

А	Б
4	1

Бланк 7 4 1

Ответ к заданиям с 28–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3{,}14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10$ м/с^2
гравитационная постоянная	$G = 6{,}7 \cdot 10^{-11}$ Н·м^2/кг^2
универсальная газовая постоянная	$R = 8{,}31$ Дж/(моль·К)
постоянная Больцмана	$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8$ м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ Н·м^2/Кл^2
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл
постоянная Планка	$h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

Соотношение между различными единицами	
температура	0 К = –273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = $1{,}66 \cdot 10^{-27}$ кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж

Масса частиц	
электрона	$9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг ≈ $5{,}5 \cdot 10^{-4}$ а.е.м.
протона	$1{,}673 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$ кг ≈ 1,008 а.е.м.

Плотность			
воды	1000 кг/м^3	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	13 600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость			
воды	$4{,}2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота	
парообразования воды	$2{,}3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2{,}5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3{,}3 \cdot 10^5$ Дж/кг

Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0 °С

Молярная масса					
азота	$28 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$	кг/моль

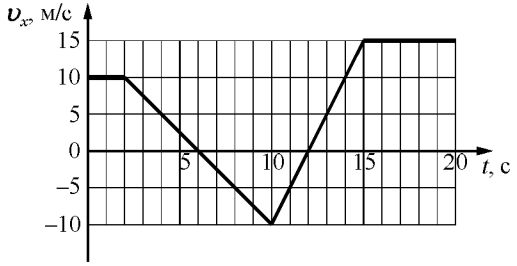
© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

Часть 1

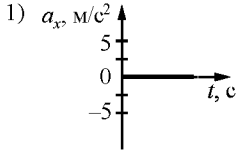
Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Цифры в последовательности записывайте без пробелов, запятых и других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

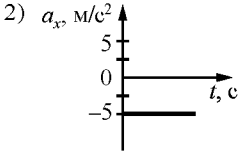
1

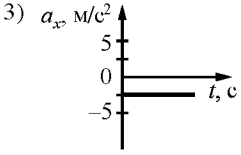
На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела υ_x от времени.

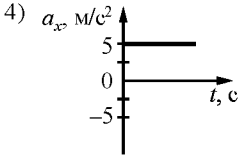


Какой из указанных ниже графиков совпадает с графиком зависимости от времени проекции ускорения этого тела a_x в интервале времени от 6 с до 10 с?

1)


2)


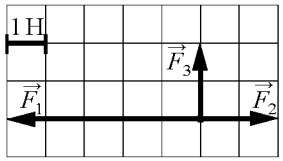
3)


4)


Ответ:

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

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



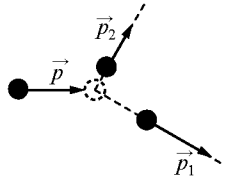
1) 6 Н
2) $\sqrt{13}$ Н
3) $2\sqrt{5}$ Н
4) $3\sqrt{2}$ Н

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.

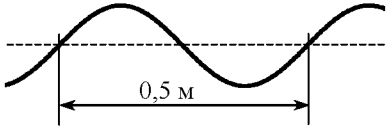
Ответ: _____ см.

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° так, что импульс одного $p_1 = 0{,}4$ кг·м/с (см. рисунок). Каков импульс другого шара после соударения?



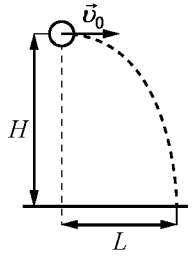
Ответ: _____ кг · м/с.

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 υ_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:

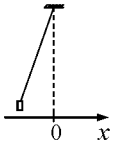


1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

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

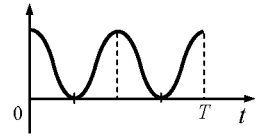
Время полёта	Дальность полёта

7 Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент $t = 0$ отпустили 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.

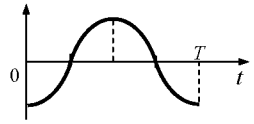


ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) координата x
2) проекция скорости υ_x
3) кинетическая энергия $E_к$
4) потенциальная энергия $E_п$

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.

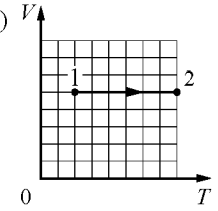
Давление газа в сосуде	Внутренняя энергия газа в сосуде

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

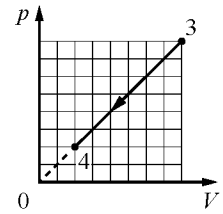
12 На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль гелия. Графики построены в координатах V–T и p–V, где p – давление, V – объём и T – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.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

ГРАФИКИ

А)



Б)



УТВЕРЖДЕНИЯ

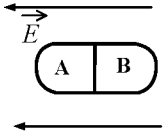
1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
2) Над газом совершают работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.
3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу.
4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя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



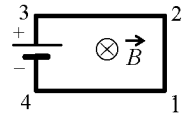
1) А – положительным; В – останется нейтральным
2) А – останется нейтральным; В – отрицательным
3) А – отрицательным; В – положительным
4) А – положительным; В – отрицательным

Ответ: ☐

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

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?

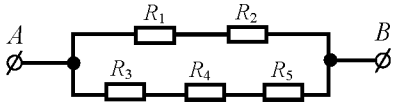


1) вертикально вверх ⊙
2) вертикально вниз ⊗
3) горизонтально вправо →
4) `горизонтально влево ←

Ответ: ☐

15

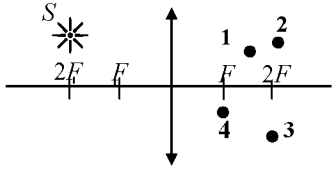
Сопротивление каждого резистора в цепи на рисунке равно 100 Ом. Чему равно напряжение на резисторе R_2 при подключении участка к источнику постоянного напряжения 12 В выводами A и B?



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 _____ .

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

17

Частица массой m, несущая заряд q, влетает в однородное магнитное поле с индукцией $\vec{B}$ со скоростью $\vec{\upsilon}$ 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 конура пренебречь.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) максимальная энергия электрического поля конденсатора	1) $\frac{q^2}{2C}$
Б) максимальная сила тока, протекающего через катушку	2) $q\sqrt{\frac{C}{L}}$
	3) $\frac{q}{\sqrt{LC}}$
	4) $\frac{Cq^2}{2}$

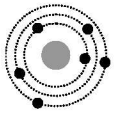
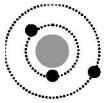
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

19 На рисунке изображены схемы четырёх атомов, соответствующие модели атома Резерфорда. Чёрными точками обозначены электроны. Какая схема соответствует атому $^{6}_{3}\mathrm{Li}$?

1) 
2)
3) 
4)

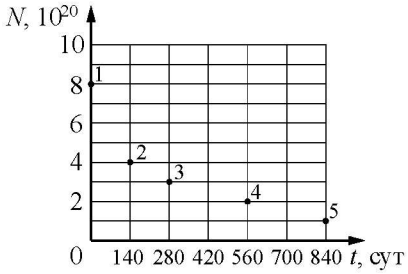
Ответ: ☐

20 Элемент менделевий был получен при бомбардировке α-частицами ядер элемента X в соответствии с реакцией $\mathrm{X} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{256}_{101}\mathrm{Md} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$. Определите элемент X.

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

Ответ: ☐

21 Ядра полония $^{210}_{84}\mathrm{Po}$ испытывают α-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 $E_ф$ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. Напряжение, при котором фототок прекращается, равно $U_{зап}$. Как изменятся модуль запирающего напряжения $U_{зап}$ и длина волны $\lambda_{кр}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов $E_ф$ увеличится?

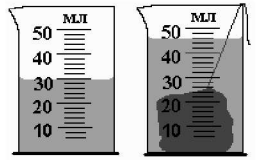
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

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

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

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 ± 1 мл
2) 46 мл ± 2 мл
3) 16 мл ± 1 мл
4) 16 мл ± 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.

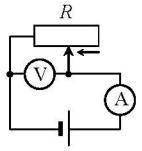


Рис. 1

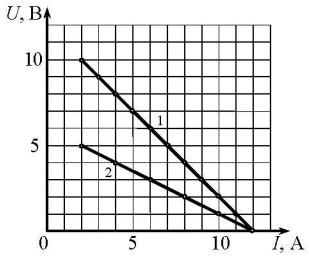


Рис. 2

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: ☐☐

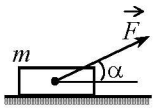
© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

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 пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

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



Ответ: _____ .

26

Кусок льда, имеющий температуру 0 °С, помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду температурой 20 °С, 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: _____ °С.

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 $\sin\alpha \approx \mathrm{tg}\alpha$.

Ответ: _____ .

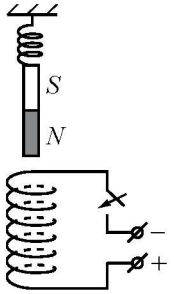
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

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

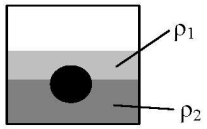
Непосредственно над неподвижно закреплённой проволочной катушкой на её оси на пружине подвешен полосовой магнит (см. рисунок). Куда начнёт двигаться магнит сразу после замыкания ключа? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



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 $\rho_1 = 900$ кг/м^3 и $\rho_2 = 3\rho_1$, плавает шарик (см. рисунок). Какова должна быть плотность шарика ρ, чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объёма?



30

В камере, заполненной азотом, при температуре $T_0 = 300$ К находится открытый цилиндрический сосуд (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 $h = 40$ см (рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры T_0. Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится $H = 46$ 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.

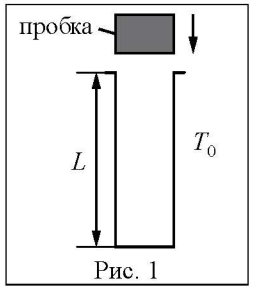


Рис. 1

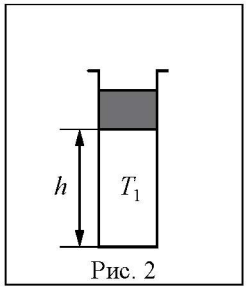


Рис. 2

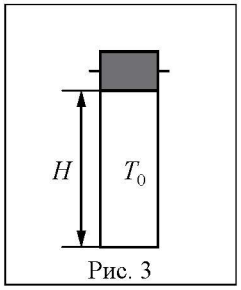
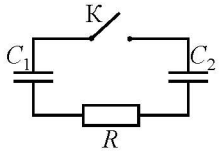


Рис. 3

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?



32

Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = \dfrac{-13{,}6 \text{ эВ}}{n^2}$, n = 1, 2, 3, ... 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 β 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		

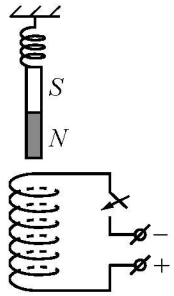
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ

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.

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

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.



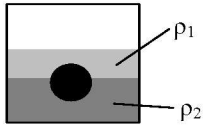
Возможное решение	
1. Когда ключ разомкнут, тока в катушке нет, магнит висит неподвижно, и пружина растянута. 2. После замыкания ключа в катушке потечёт ток (от + к – источника напряжения) и индукция магнитного поля катушки (вблизи её оси) будет направлена вниз (правило буравчика). 3. Катушка с током 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: *указано направление движения магнита*) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: *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*)	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

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

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

29

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



Возможное решение
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: $\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho(V_1 + V_2)g$ (здесь V_1 и V_2 – соответственно объёмы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

$$\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$$

Доли объёма шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}.$$

По условию задачи $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{3}$, так что $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{3}$, откуда

$$\rho = \frac{1}{3}(\rho_1 + 2\rho_2) = \frac{7}{3}\rho_1 = 2100 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: $\rho = 2100$ кг/м^3

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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: *закон Архимеда и второй закон Ньютона*); 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[1] 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 измерения искомой величины	3
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.	2

[1] 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.

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

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)	
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. 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. ИЛИ 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. ИЛИ 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	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.

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

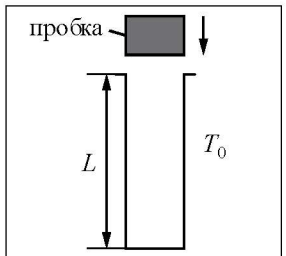


Рис. 1

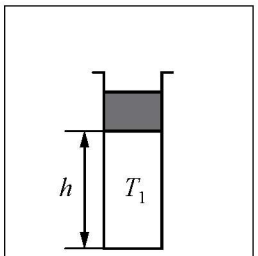


Рис. 2

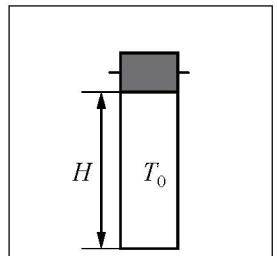


Рис. 3

Возможное решение

1. Пусть p_0 – давление азота в камере;
p_1 – давление в сосуде в ситуации на рис. 2;
p_2 – давление в сосуде при температуре T_0 в конце опыта;
S – площадь горизонтального сечения сосуда.

2. Параметры азота в сосуде в первоначальном состоянии и при температуре T_1 связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона – Менделеева:

$\frac{p_1 hS}{T_1} = \frac{p_0 LS}{T_0}$, откуда $p_1 = p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}$.

Условие равновесия пробки при температуре T_1:

$p_0 S - F_{тр} - p_1 S = 0$, откуда $F_{тр} = (p_0 - p_1)S$.

3. Параметры воздуха в сосуде в первоначальном и конечном состояниях тоже связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона – Менделеева:

$\frac{p_2 HS}{T_0} = \frac{p_0 LS}{T_0}$, откуда $p_2 = p_0 \cdot \frac{L}{H}$.

Условие равновесия пробки в конечном состоянии:

$p_2 S - F_{тр} - p_0 S = 0$,

откуда

$$p_2 = p_0 + \frac{F_{тр}}{S} = p_0 + p_0 - p_1 = 2p_0 - p_1 = 2p_0 - p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

4. Приравнивая друг другу два выражения для p_2, получаем равенство

$\frac{L}{H} = 2 - \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}$.

Отсюда: $T_1 = T_0 \cdot \frac{h}{L} \cdot \left(2 - \frac{L}{H}\right) \approx 219$ К.

Ответ: $T_1 \approx 219$ К

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

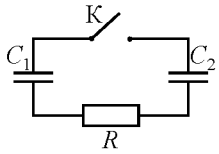
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *уравнение Клапейрона – Менделеева; условие равновесия тела, движущегося поступательно*); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, 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 измерения искомой величины	3
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)	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. 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	1

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

ИЛИ 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. ИЛИ 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	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	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
1. Первоначальный заряд конденсатора $q = C_1U$. 2. В результате перезарядки конденсаторов после замыкания ключа их заряды равны соответственно q_1 и q_2, причём $q_1 + q_2 = C_1U$ (1) (по закону сохранения электрического заряда). 3. В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе R становится равным нулю. Поэтому $\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}$. (2) 4. По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях: $Q = \frac{C_1U^2}{2} - \left(\frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2}\right)$. (3) Решая систему уравнений (1)–(3), получаем: $U = \sqrt{\frac{2Q(C_1 + C_2)}{C_1C_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3}\left(10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6}\right)}{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 300\,\text{В}$. Ответ: $U = 300$ В

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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: *формула связи заряда конденсатора с напряжением, закон сохранения заряда, закон Ома для участка цепи и закон сохранения энергии*); 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 измерения искомой величины	3
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)	2
Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. 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	1

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

ИЛИ 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. ИЛИ 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	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

32

Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = \frac{-13{,}6\ \text{эВ}}{n^2}$, n = 1, 2, 3, ... 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 β минимальной частоты фотона в серии Бальмера к максимальной частоте фотона в серии Пашена.

Возможное решение
Частота фотона связана с его энергией равенством $h\nu = E$, где h – постоянная Планка. В серии Бальмера энергия фотона равна $E_n - E_2$, где n = 3, 4, ... Аналогично в серии Пашена энергия фотона равна $E_n - E_3$, где n = 4, 5, ... Минимальной 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 (n = ∞) уровня. В серии Бальмера энергия фотона равна $E_n - E_2$, где n = 3, 4, ... Аналогично в серии Пашена энергия фотона равна $E_n - E_3$, где n = 4, 5, ... Поэтому $$\beta = \frac{E_3 - E_2}{E_\infty - E_3} = \frac{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}}{\frac{1}{3^2} - 0} = 1{,}25.$$ Ответ: $\beta = 1{,}25$

© 2015 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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: *выражение для энергии фотона, постулаты Бора, условия максимальности и минимальности частот*); 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	3
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)	2

Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. 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. ИЛИ 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. ИЛИ 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	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 развёрнутым 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.