

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Инструкция по выполнению работы

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

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25 и 26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ: 7,5 см. 3 7,5 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ:

А	Б
4	1

7 4 1 Бланк

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: вправо 13 ВПРАВО Бланк

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённым ниже образцам, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 1,40,2 Бланк

Ответ к заданиям 27–32 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 или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. **Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

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

После завершения работы проверьте, что ответ на каждое задание в бланках ответов №1 и №2 записан под правильным номером.

Желаем успеха!

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	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалента	931 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

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



Астрономические величины

средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

Плотность подсолнечного масла 900 кг/м^3

воды 1000 кг/м^3 алюминия 2700 кг/м^3

древеси́ны (сосна) 400 кг/м^3 железа 7800 кг/м^3

керосина 800 кг/м^3 ртути 13600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

воды $4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ алюминия $900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$

льда $2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ меди $380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$

железа $460 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ чугуна $800 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$

свинца $130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$

Удельная теплота

парообразования воды $2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/К}$

плавления свинца $2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/К}$

плавления льда $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/К}$

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

Молярная масса

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

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ 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

1 Тело брошено вертикально вверх. Через $0,5 \text{ с}$ после броска его скорость 20 м/с . Какова начальная скорость тела? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м/с

2 После удара клюшкой шайба массой $0,15 \text{ кг}$ скользит по ледяной площадке. Её скорость при этом меняется в соответствии с уравнением $V = 20 - 3t$. Коэффициент трения шайбы о лед равен.

Ответ: _____.

3 Скорость автомобиля массой $m = 10^3 \text{ кг}$ увеличилась от $v_1 = 10 \text{ м/с}$ до $v_2 = 20 \text{ м/с}$. Работа равнодействующей силы равна.

Ответ: _____ кДж

4 Книга лежит на столе. Масса книги $0,6 \text{ кг}$. Площадь ее соприкосновения со столом $0,08 \text{ м}^2$. Давление книги на стол равно.

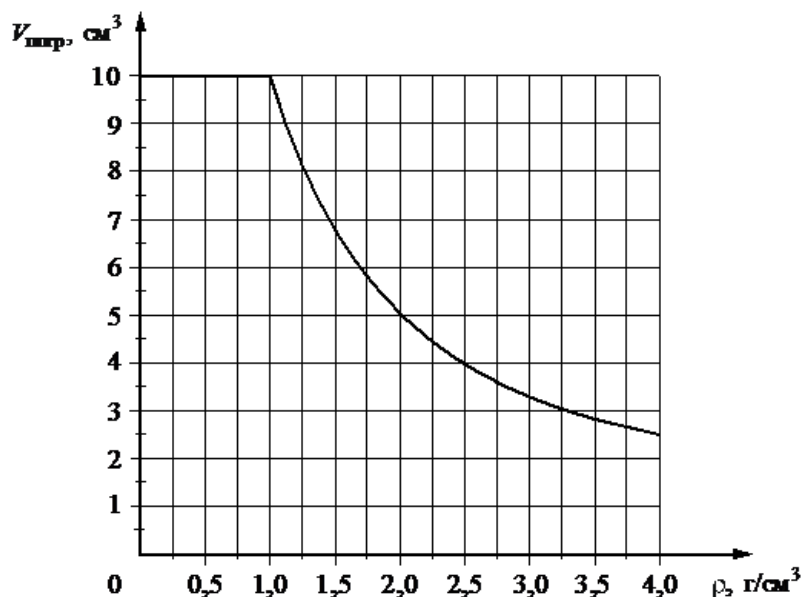
Ответ: _____ Па



5

Изучая на практике закон Архимеда, учащиеся опускали цилиндр объёмом $V = 10 \text{ см}^3$ в различные жидкости (см. таблицу) и измеряли объём погружённой в жидкость части цилиндра. По результатам исследования была построена обобщённая зависимость объёма погружённой части цилиндра $V_{\text{погр}}$ от плотности жидкости ρ (см. рисунок).

Жидкость	Бензин	Спирт	Вода	Глицерин	Хлороформ	Бромоформ	Дийодметан
$\rho, \text{ г/см}^3$	0,71	0,79	1,0	1,26	1,49	2,89	3,25



Выберите два верных утверждения, согласующихся с результатами, представленными на рисунке и в таблице.

- 1) Цилиндр плавает в глицерине.
- 2) Цилиндр, опущенный в спирт, плавает у поверхности.
В глицерине на плавающий цилиндр действует выталкивающая сила, примерно в 2,6 раза большая, чем в дийодметане.
- 3) В дийодметане на плавающий цилиндр действует выталкивающая сила, составляющая около 70 мН.
- 4) На цилиндр, плавающий в хлороформе, действует выталкивающая сила, составляющая около 0,1 Н.

Выберите **два** верных утверждения и укажите их номера.

Ответ:

--	--

6

По рельсам распространяется звуковая волна. Как изменяются частота звуковых колебаний и длина звуковой волны при переходе звука из воздушного промежутка между рельсами в рельс?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

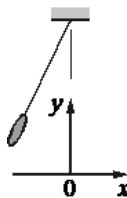
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Частота звуковых колебаний	Длина звуковой волны



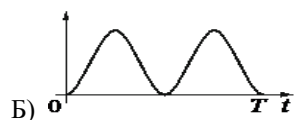
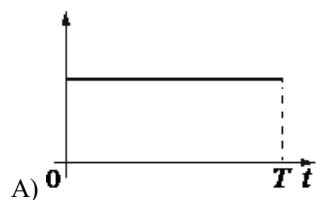
- 7 Маятник отклонили от положения равновесия (см. рис.) и отпустили в момент времени $t=0$ с нулевой начальной скоростью. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение груза маятника после этого.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать. (T – период колебаний маятника.) Сопротивлением воздуха пренебrecь.

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

ГРАФИКИ



Ответ:

А	Б

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1)	потенциальная энергия $E_{\text{п}}$
2)	полная механическая энергия $E_{\text{мех}}$
3)	кинетическая энергия $E_{\text{к}}$
4)	координата x

- 8 Идеальный одноатомный газ находится в закрытом сосуде объёмом $0,6 \text{ м}^3$. При охлаждении его внутренняя энергия уменьшилась на $1,8 \text{ кДж}$. В результате давление газа снизилось на

Ответ: _____ Па

- 9 У теплового двигателя, работающего по циклу Карно, температура нагревателя – 500 К , а температура холодильника – 300 К . Рабочее тело за один цикл получает от нагревателя 40 кДж теплоты. Какую работу совершает при этом рабочее тело двигателя?

Ответ: _____ кДж

- 10 В стакан калориметра налили 150 г воды. Начальная температура калориметра и воды 55°C . В эту воду опустили кусок льда, имевшего температуру 0°C . После того как наступило тепловое равновесие, температура воды в калориметре стала 5°C . Определите массу льда. Теплоёмкостью калориметра пренебrecь. Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ г

- 11 В сосуде неизменного объёма находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 2 моль второго газа. Как изменились в результате парциальные давления газов и их суммарное давление, если температура газов в сосуде поддерживалась неизменной?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Парциальное давление первого газа	Парциальное давление второго газа

- 1) увеличилось
- 2) уменьшилось
- 3) не изменилось

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

Ответ:

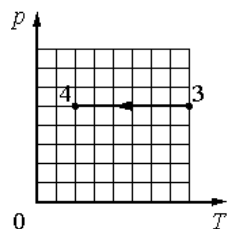
--	--



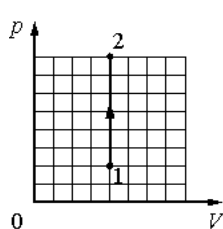
12

На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1–2 и 3–4, в каждом из которых участвует 1 моль неона. Графики построены в координатах p – V и p – T , где p – давление, V – объём и T – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы

А)



Б)



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

УТВЕРЖДЕНИЯ:

1. Над газом совершают работу, при этом он получает теплоту.
2. Над газом совершают работу, при этом он отдает теплоту.
3. Газ совершает работу, и при этом его внутренняя энергия увеличивается.
4. Газ получает теплоту, и при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Ответ:

А	Б

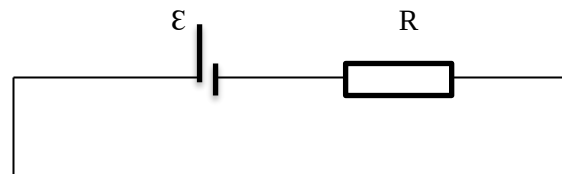
13

В области пространства, где находится частица с зарядом $2 \cdot 10^{-11}$ Кл, создано однородное горизонтальное электрическое поле напряженностью 5000 В/м. Какова масса частицы, если за 2 с она переместилась по горизонтали на расстояние 0,4 м от точки, из которой она начала двигаться из состояния покоя? Сопротивлением воздуха и действием силы тяжести пренебечь.

Ответ: _____ мг.

14

В схеме известны ЭДС источника $\mathcal{E} = 1$ В, ток в цепи $I = 0,8$ А, сопротивление внешнего участка цепи $R = 1$ Ом. Определите работу сторонних сил в источнике тока за 20 секунд.



Ответ: _____ Дж.

15

В таблице показано, как менялся ток в катушке колебательного контура при свободных гармонических колебаниях. Вычислите по этим данным энергию конденсатора в момент времени $4 \cdot 10^{-6}$ с, если индуктивность катушки 4 мГн.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I, 10^{-3}$ А	4	2,83	0	-2,83	-4	-2,83	0	2,83	4	2,83

Ответ: _____ нДж.



- 16) Стекланную линзу (показатель преломления стекла $n_{\text{стекла}} = 1,54$), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ($n_{\text{воздуха}} = 1$) в воду ($n_{\text{воды}} = 1,33$). Выберите два верных утверждения о характере изменений, произошедших с оптической системой «линза + окружающая среда».

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

Ответ:

- 17) По проволочному резистору течёт ток. Резистор заменили на другой, с проволокой из того же металла и той же длины, но имеющей вдвое меньшую площадь поперечного сечения, и пропустили через него вдвое меньший ток. Как изменятся при этом следующие три величины: тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, напряжение на нём, его электрическое сопротивление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

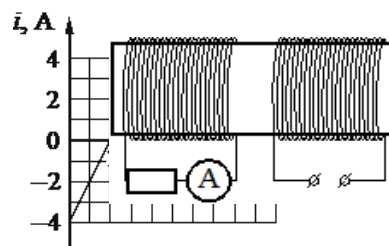
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе	Напряжение на резисторе

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

Ответ:

- 18) На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



- 1) В промежутках 0–1 и 1–2 с направления тока в правой катушке различны.
- 2) В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке отлична от нуля.
- 3) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 1–2 с больше, чем в промежутке 3–5 с.
- 4) В промежутке 0–2 с модуль магнитной индукции в сердечнике минимален.
- 5) В промежутке 1–2 с сила тока в левой катушке равномерно увеличивается.

Ответ:

- 19) Определите состав ядра ${}_{18}^{37}\text{Ar}$. Ответ запишите в таблицу.

Количество протонов	Количество нейтронов

Ответ: _____.



В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

- 20 Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадётся за время, равное половине периода полураспада? Ответ округлите до сотых.

Ответ: _____.

- 21 Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов. При захвате электрона некоторые характеристики атомного ядра изменяются. Как ведут себя перечисленные ниже характеристики атомного ядра при захвате ядром электрона?

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

ВЕЛИЧИНЫ

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ

А) массовое число ядра	1) не изменяется
Б) заряд ядра	2) увеличивается
	3) уменьшается

Ответ:

--	--

- 22 При помощи барометра измеряют атмосферное давление (см. рисунок). Запишите показания барометра в мм рт. ст., если погрешность прямого измерения равна цене деления шкалы барометра?



Ответ: (_____ ± _____) мм рт. ст.



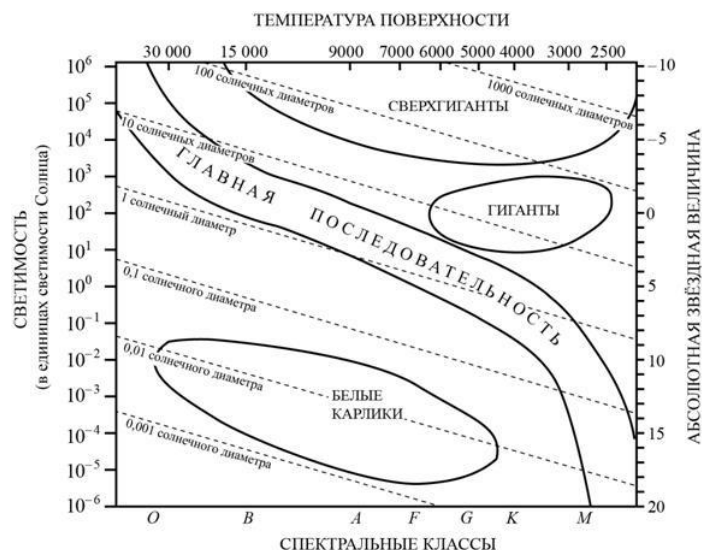
- 23 Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость частоты свободных колебаний нитяного маятника от массы груза. У него имеется пять маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие два маятника необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ маятника	Длина нити, см	Масса груза, г	Материал, из которого сделан груз
1	200	30	алюминий
2	150	60	алюминий
3	150	30	медь
4	100	60	медь
5	200	60	алюминий

--	--

Ответ:

- 24 На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга – Рассела.



Выберите **все** утверждения о звёздах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *B* главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса *G* главной последовательности.
- 2) Температура поверхности звёзд спектрального класса *F* ниже температуры звёзд спектрального класса *A*.
- 3) Средняя плотность белых карликов существенно больше средней плотности звёзд главной последовательности.
- 4) Радиус звезды Бетельгейзе почти в 1000 раз превышает радиус Солнца, следовательно, она относится к сверхгигантам.
- 5) Средняя плотность сверхгигантов существенно больше средней плотности белых карликов.

Ответ: _____.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

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 В цилиндре при 20°C находится 2 кг воздуха под давлением $9,8 \times 10^5$ Па. Какова работа воздуха при его изобарном нагревании на 100°C? Ответ выразите в килоджоулях (кДж) и округлите до целых.

Ответ: _____ кДж.



26

Квадратная проволочная рамка со стороной $a=0,4$ м расположена перпендикулярно линиям вектора магнитной индукции однородного магнитного поля. Величина вектора магнитной индукции $B = 0,04$ Тл. За время $\Delta t = 0,02$ с магнитное поле равномерно исчезает до нуля. Чему равен модуль ЭДС индукции, генерируемой при этом в рамке?

Ответ: _____ В.

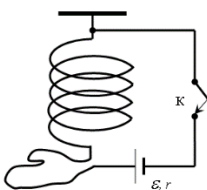
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, что каждый ответ записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 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.

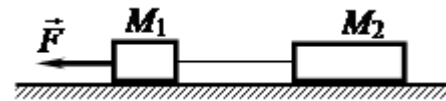
27

Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний конец пружины подключается к источнику тока через ключ K , а нижний – с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно большое время после замыкания ключа K ? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



28

Два груза массами $M_1 = 1$ кг и $M_2 = 2$ кг, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны нерастяжимой и невесомой нитью (см. рисунок). Брусок M_1 тянут горизонтальной силой $\vec{F}$. Чему равен модуль силы натяжения нити, когда $F=12$ Н?



29

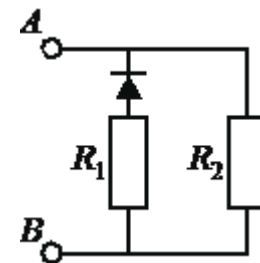
Пластилинный шарик в момент $t = 0$ бросают с горизонтальной поверхности Земли с начальной скоростью $v \rightarrow 0$ под углом α к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью Земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарик абсолютно неупруго сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. В какой момент времени τ шарик упадет на Землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

30

В комнате размерами $6 \text{ м} \times 5 \text{ м} \times 3 \text{ м}$, в которой воздух имеет температуру 20°C и относительную влажность 35% , включили увлажнитель воздуха производительностью $0,36$ кг/ч. Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате стала равна 70% ? Давление насыщенного водяного пара при температуре 20°C равно $2,33$ кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

31

В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке A положительного полюса, а к точке B отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна $14,4$ Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной $21,6$ Вт. Укажите,



как течёт ток через диод и резисторы в обоих случаях, и определите сопротивления резисторов в этой цепи.

32

В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6$ эВ) поглощает фотон и ионизируется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью $u = 1000$ км/с. Какова частота поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

О проекте «Пробный ЕГЭ каждую неделю»

Данный ким составлен командой всероссийского волонтерского проекта «ЕГЭ 100 баллов» <https://vk.com/ege100ballov> и безвозмездно распространяется для любых некоммерческих образовательных целей.

Нашли ошибку в варианте?

Напишите нам, пожалуйста, и мы обязательно её исправим!
Для замечаний и пожеланий: https://vk.com/topic-10175642_39951777
(также доступны другие варианты для скачивания)

Список источников:

- образовательный интернет-ресурс <http://sverh-zadacha.ucoz.ru>
- варианты ЕГЭ прошлых лет
- открытый банк заданий ЕГЭ (фипи) <http://www.fipi.ru/content/otkrytyy-bank-zadaniy-ege>

СОСТАВИТЕЛЬ ВАРИАНТА:

ФИО:	Михайлова Наталья
Предмет:	Физика
Стаж:	20 лет
Аккаунт ВК:	https://vk.com/devaspica

КОРРЕКТОРЫ ВАРИАНТА:

Наталья Стрелкова	https://vk.com/id60494864
Михали Кузьмин	https://vk.com/mukuzmin1986





Система оценивания экзаменационной работы по физике

Задания 1–24

Задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и задания 25 и 26 части 2 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

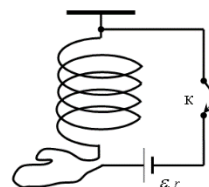
Задания 5–7, 11, 12, 16–18 и 21 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов. Задание 24 оценивается 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущено две ошибки. В заданиях 5, 11, 16 и 24 порядок записи цифр в ответе может быть различным.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	25	14	16
2	0,3	15	0
3	150	16	23
4	75	17	12
5	31	18	31 или 13
6	15 или 51	19	1819
7	23	20	0,29
8	2000	21	13
9	16	22	7541
10	90	23	15
11	21	24	234
12	24	25	57
13	0,5	26	0,32

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 27–32 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 экзаменуемым ответа выставляется от 0 до 2 баллов за задание 28 и от 0 до 3 баллов за задания 27 и 29–32.

27



Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний конец пружины подключается к источнику тока через ключ К, а нижний – с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно большое время после замыкания ключа К? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.

Возможное решение

1. Пружина сомкнется, её длина уменьшится.
2. До замыкания ключа пружина находилась в равновесии, так как силы упругости, действующие на каждый виток, уравновешивали силы тяжести, действующие на каждый виток.
3. При замыкании ключа по цепи пойдет ток. В соседних витках пружины потекут сонаправленные токи. Проводники с сонаправленными токами притягиваются. В результате будет достигнуто новое положение пружины, в котором силы упругости будут уравновешивать силу тяжести и силу Ампера, действующие на каждый виток. Таким образом, пружина сомкнется, её длина уменьшится.

Ответ: пружина сомкнется, её длина уменьшится

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы



Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: условия равновесия пружины до и после замыкания ключа)	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. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> 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, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.	1

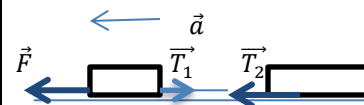
ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

28



Два груза массами $M_1 = 1$ кг и $M_2 = 2$ кг, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны нерастяжимой и невесомой нитью (см. рисунок). Брусок M_1 тянут горизонтальной силой $\vec{F}$. Чему равен модуль силы натяжения нити, когда $F = 12$ Н?

Возможное решение:



1. Запишем второй закон Ньютона для каждого тела:

$$\vec{F} + \vec{T}_1 = M_1 \vec{a}$$

$$\vec{T}_2 = M_2 \vec{a}$$

В проекциях на ось OX:

$$F - T_1 = M_1 a$$

$$T_2 = M_2 a$$

Решая совместно уравнения, получим:

$$F = a(M_1 + M_2).$$

$$a = \frac{F}{M_1 + M_2}.$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$T = 8 \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } T = 8 \text{ Н}$$

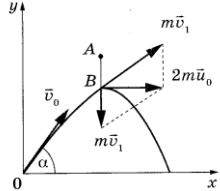
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона</i>); II) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); III) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях. ИЛИ Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

29

Пластилиновый шарик в момент $t = 0$ бросают с горизонтальной поверхности Земли с начальной скоростью $v \rightarrow 0$ под углом α к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью Земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарик абсолютно неупруго сталкивается в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. В какой

момент времени τ шарик упадет на Землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Возможное решение



Шарик упадет на землю в момент времени $\tau = t_1 + t_2$, где t_1 — время до столкновения, а t_2 — после столкновения.

Запишем уравнения движения для каждого шарика:

$$y_1(t) = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2},$$

$$v_{1y}(t) = v_0 \sin \alpha - gt,$$

Для второго шарика:

$$v_{2y}(t) = -gt.$$

Из закона сохранения импульса:

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{u}, \quad (1)$$

где u — скорость шариков после столкновения. Так как по условию скорость направлена горизонтально, в проекциях на ось OY (1) запишется так:

$$v_{1y}(t_1) + v_{2y}(t_1) = 0$$

Или

$$(v_0 \sin \alpha - gt_1) + (-gt_1) = 0.$$

Тогда время до столкновения:

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{2g}. \quad (2)$$

Время падения после столкновения определим из формулы:

$$h = \frac{gt_2^2}{2}, \quad \text{отсюда}$$


$t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ h-высота, на которой столкнулись шарики. $h = y_1(t_1) = v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{8g} = \frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}.$ Время падения $t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{3} \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{2g}.$ Общее время: $\tau = t_1 + t_2 = \frac{v_0 \sin \alpha}{2g} \cdot (1 + \sqrt{3}).$ Ответ: $\tau = \frac{v_0 \sin \alpha}{2g} (1 + \sqrt{3}).$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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>уравнения движения тела, закон сохранения импульса</i>) II) сделан правильный рисунок с указанием внешних сил, действующих на стержень и шары; III) 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); IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);	3

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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
Максимальный балл	3



- 30 В комнате размерами 6 м × 5 м × 3 м, в которой воздух имеет температуру 20 °С и относительную влажность 35%, включили увлажнитель воздуха производительностью 0,36 кг/ч. Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате стала равна 70%? Давление насыщенного водяного пара при температуре 20 °С равно 2,33 кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

Возможное решение

Относительная влажность в комнате до того, как включили увлажнитель воздуха:

$$\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}},$$

где p_1 -парциальное давление водяного пара, $p_{\text{нас}}$ -давление насыщенных паров при данной температуре. За время работы увлажнителя влажность увеличилась до значения

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}}.$$

Водяной пар подчиняется закону Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT,$$

где M -масса водяного пара, μ -молярная масса, p -его парциальное давление. Так как при испарении масса пара увеличивается на величину

$$m = I\tau$$

где I - производительность увлажнителя, τ -время его работы, то парциальное давление водяного пара увеличится на величину

$$\Delta p = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V}$$

Тогда
$$\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{mRT}{\mu V p_{\text{нас}}}$$

Выражая отсюда время, получим:
$$\tau = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1) \mu p_{\text{нас}}}{IRT}$$

Окончательно:
$$\tau = \frac{(0,7 - 0,35) 0,018 \cdot 2330 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 3}{0,36 \cdot 8,31 \cdot 293} = 1,5 \text{ ч}$$

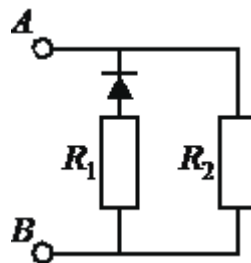
Ответ: 1,5 часа

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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>формула относительной влажности, уравнение Менделеева-Клапейрона</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	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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.	2



И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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
Максимальный балл	3

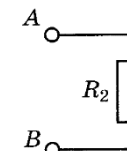
- 31 В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке А положительного полюса, а к точке В отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна 14,4 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 21,6 Вт. Укажите, как течёт ток через диод и резисторы в обоих случаях, и определите сопротивления резисторов в этой цепи



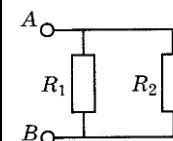
Возможное решение

1. При подключении к точке А положительного полюса, а к точке В отрицательного полюса ток пойдет только через резистор R2, так как сопротивление диода в этом направлении велико и ток через него не идет. (см. рис). потребляемая мощность равна

$$P_1 = \frac{\varepsilon^2}{R_2}$$



2. При изменении полярности подключения батареи диод пропустит ток, и эквивалентная схема будет выглядеть так:



В этом случае потребляемая мощность будет равна:

$$P_2 = \frac{\varepsilon^2}{R_1} + \frac{\varepsilon^2}{R_2}$$

Выражая сопротивления, получим:

$$R_2 = \frac{\varepsilon^2}{P_1}, \quad R_1 = \frac{\varepsilon^2}{P_2 - P_1}$$

Подставляя значения физических величин, указанных в условии, получим:

$R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$.

Ответ: $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы:	3



I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>условие протекания тока через диод в прямом и обратном направлении, едена эквивалентная схема, записана формула мощности электрического тока</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	
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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. 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	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо	1

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

32

В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6$ эВ) поглощает фотон и ионизируется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдаль от ядра со скоростью $u = 1000$ км/с. Какова частота поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

Возможное решение
<i>Решение</i> После ионизации атом водорода можно считать неподвижным, так как, по условию задачи энергией теплового движения водорода можно пренебречь, как и импульсом, который приобретает атом водорода после поглощения фотона. Следовательно, по з.с.э. энергия поглощенного фотона $E_{\text{ф}} = E_{\text{к}} + E_1 ,$ $E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2} \text{ - кинетическая энергия вылетевшего электрона, } E_1 = -13,6 \text{ эВ - энергия ионизации атома водорода.}$ $E_{\text{ф}} = h\nu \text{ - энергия фотона. Отсюда: } h\nu = \frac{mv^2}{2} + E_1 $



Выражая частоту и подставляя численные значения, получим: $\nu \approx 4 \cdot 10^{15}$ (Гц). Ответ: $\nu \approx 4 \cdot 10^{15}$ (Гц).	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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 сохранения энергии, энергия фотона</i> . II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, 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	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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.	2

И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно 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
Максимальный балл	3

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Рособнадзора от 07.11.2018 № 190/1512, зарегистрирован Минюстом России 10.12.2018 № 52952)



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

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 или более балла за выполнение любого из заданий 25–32, то третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение.

