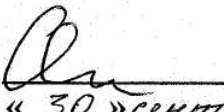


**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Директор  
Федерального института  
педагогических измерений



А.Г. Ершов  
«30» сентября 2009 г.

**«СОГЛАСОВАНО»**  
Председатель  
Научно-методического совета  
ФИПИ по физике

 Г.Г. Спирин  
«30» сентября 2009 г.

**Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

**Демонстрационный вариант  
контрольных измерительных материалов единого  
государственного экзамена  
2010 года по физике**

подготовлен Федеральным государственным научным учреждением  
**«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»**

## **Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

### **Пояснения к демонстрационному варианту контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена 2010 года по физике**

При ознакомлении с демонстрационным вариантом контрольных измерительных материалов ЕГЭ 2010 года следует иметь в виду, что задания, в него включённые, не отражают всех вопросов содержания, которые будут проверяться с помощью вариантов КИМ в 2010 году. Полный перечень вопросов, которые могут контролироваться на едином государственном экзамене 2010 года, приведен в Кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для единого государственного экзамена 2010 года по физике.

Назначение демонстрационного варианта заключается в том, чтобы дать возможность любому участнику ЕГЭ и широкой общественности составить представление о структуре будущих КИМ, количестве заданий, их форме, 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 к ЕГЭ.

## Демонстрационный вариант контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена 2010 года по физике

### Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (А1–А25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (В1–В5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий В1 и В2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий В3–В5 – в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 задач (С1–С6), для которых требуется дать развернутые решения.

При выполнении заданий В3–В5 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

### Желаем успеха!

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

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санτι	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 $\pi$	$\pi = 3,14$
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	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

**Плотность**

воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
		ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

**Удельная теплоемкость**

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

**Удельная теплота**

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

**Нормальные условия:** давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{С}$

**Молярная масса**

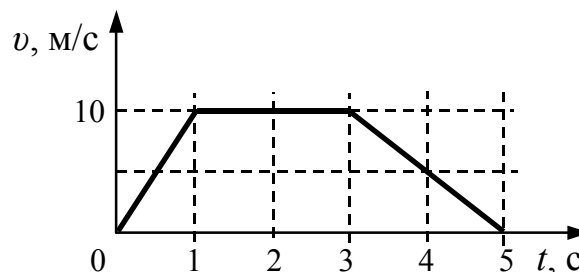
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

## Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1

На рисунке представлен график зависимости скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Найдите путь, пройденный автомобилем за 5 с.



- 1) 0 м
- 2) 20 м
- 3) 30 м
- 4) 35 м

A2

Самолет летит по прямой с постоянной скоростью на высоте 9 000 м. Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной. Какое из следующих утверждений о силах, действующих на самолёт в этом случае, верно?

- 1) На самолет не действует сила тяжести.
- 2) Сумма всех сил, действующих на самолет, равна нулю.
- 3) На самолет не действуют никакие силы.
- 4) Сила тяжести равна силе Архимеда, действующей на самолет.

A3

При исследовании зависимости силы трения скольжения  $F_{\text{тр}}$  от силы нормального давления  $F_{\text{д}}$  были получены следующие данные:

$F_{\text{тр}}, \text{Н}$	0,2	0,4	0,6	0,8
$F_{\text{д}}, \text{Н}$	1,0	2,0	3,0	4,0

Из результатов исследования можно заключить, что коэффициент трения скольжения равен

- 1) 0,2
- 2) 2
- 3) 0,5
- 4) 5

A4

Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы величиной 4 Н за 2 с импульс тела увеличился и стал равен 20 кг·м/с. Первоначальный импульс тела равен

- 1) 4 кг·м/с
- 2) 8 кг·м/с
- 3) 12 кг·м/с
- 4) 18 кг·м/с

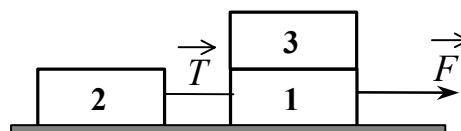
**A5** Первоначальное удлинение пружины равно  $\Delta l$ . Как изменится потенциальная энергия пружины, если ее удлинение станет вдвое больше?

- 1) увеличится в 2 раза
- 2) увеличится в 4 раза
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) уменьшится в 4 раза

**A6** Скорость тела, совершающего гармонические колебания, меняется с течением времени в соответствии с уравнением  $v = 3 \cdot 10^{-2} \sin 2\pi t$ , где все величины выражены в СИ. Какова амплитуда колебаний скорости?

- 1)  $3 \cdot 10^{-2}$  м/с
- 2)  $6 \cdot 10^{-2}$  м/с
- 3) 2 м/с
- 4)  $2\pi$  м/с

**A7** Одинаковые бруски, связанные нитью, движутся под действием внешней силы  $F$  по гладкой горизонтальной поверхности (см. рисунок). Как изменится сила натяжения нити  $T$ , если третий брусок переложить с первого на второй?

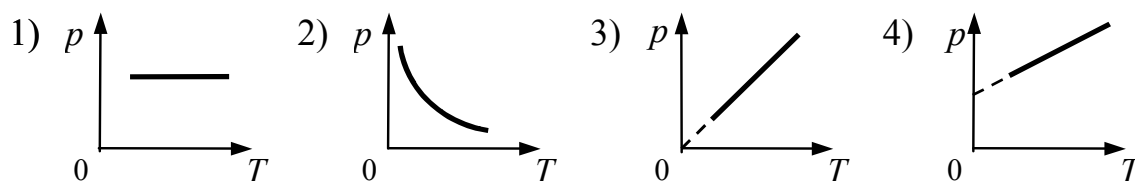


- 1) уменьшится в 1,5 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 3 раза

**A8** В результате нагревания неона абсолютная температура газа увеличилась в 4 раза. Средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул при этом

- 1) увеличилась в 4 раза
- 2) увеличилась в 2 раза
- 3) уменьшилась в 4 раза
- 4) не изменилась

**A9** На рисунке приведены графики зависимости давления 1 моль идеального газа от абсолютной температуры для различных процессов. Какой из графиков соответствует изохорному процессу?

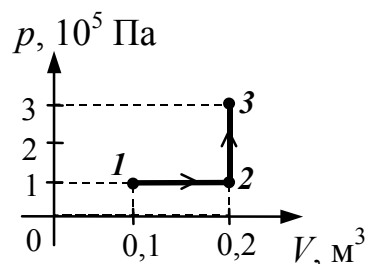


**A10** При каком из перечисленных ниже процессов остается неизменной внутренняя энергия 1 моль идеального газа?

- 1) при изобарном сжатии
- 2) при адиабатном сжатии
- 3) при адиабатном расширении
- 4) при изотермическом расширении

**A11** Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 3 (см. рисунок)?

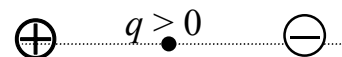
- 1) 10 кДж
- 2) 20 кДж
- 3) 30 кДж
- 4) 40 кДж



**A12** Температура нагревателя идеального теплового двигателя Карно  $227^\circ\text{C}$ , а температура холодильника  $27^\circ\text{C}$ . Рабочее тело двигателя совершает за цикл работу, равную 10 кДж. Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл?

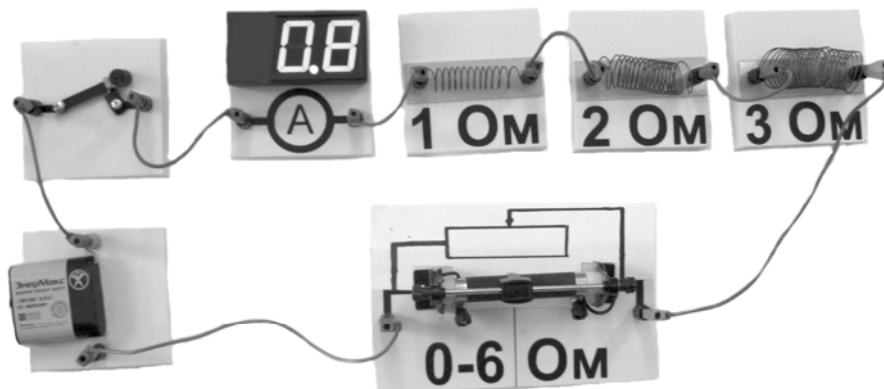
- 1) 2,5 Дж
- 2) 11,35 Дж
- 3) 11,35 кДж
- 4) 25 кДж

**A13** Точечный положительный заряд  $q$  помещен между разноименно заряженными шариками (см. рисунок). Куда направлена равнодействующая кулоновских сил, действующих на заряд  $q$ ?



- 1)  $\rightarrow$
- 2)  $\downarrow$
- 3)  $\uparrow$
- 4)  $\leftarrow$

**A14** На фотографии – электрическая цепь. Показания включенного в цепь амперметра даны в амперах.

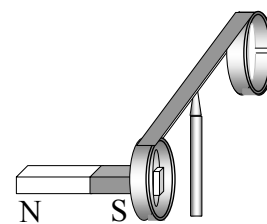


Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, если его подключить параллельно резистору 3 Ом?

- 1) 0,8 В
- 2) 1,6 В
- 3) 2,4 В
- 4) 4,8 В

**A15**

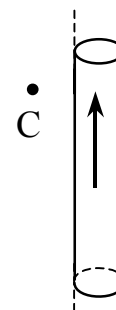
На рисунке изображен момент демонстрационного эксперимента по проверке правила Ленца, когда все предметы неподвижны. Южный полюс магнита находится внутри сплошного металлического кольца, но не касается его. Коромысло с металлическими кольцами может свободно вращаться вокруг вертикальной опоры. При выдвигении магнита из кольца оно будет



- 1) оставаться неподвижным
- 2) двигаться против часовой стрелки
- 3) совершать колебания
- 4) перемещаться вслед за магнитом

**A16**

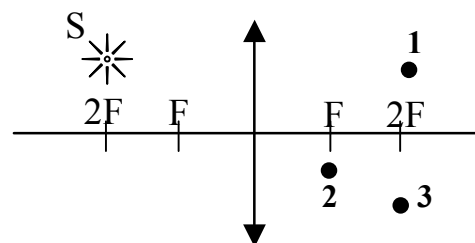
На рисунке изображен цилиндрический проводник, по которому течет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции создаваемого током магнитного поля в точке С?



- 1) в плоскости рисунка вверх
- 2) в плоскости рисунка вниз
- 3) от нас перпендикулярно плоскости рисунка
- 4) к нам перпендикулярно плоскости рисунка

**A17**

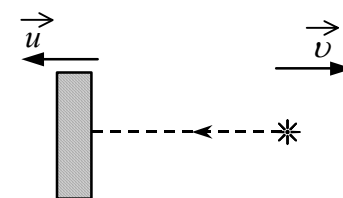
Где находится изображение светящейся точки S (см. рисунок), создаваемое тонкой собирающей линзой?



- 1) в точке 1
- 2) в точке 2
- 3) в точке 3
- 4) на бесконечно большом расстоянии от линзы

**A18**

В инерциальной системе отсчета свет от неподвижного источника распространяется со скоростью  $c$ . Источник света движется в этой системе со скоростью  $v$ , а зеркало – со скоростью  $u$  в противоположную сторону. С какой скоростью относительно источника распространяется свет, отраженный от зеркала?



- 1)  $c - v$
- 2)  $c + v + u$
- 3)  $c + v$
- 4)  $c$



**A19**

Две частицы, отношение зарядов которых  $\frac{q_2}{q_1} = 2$ , влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Найдите отношение масс частиц  $\frac{m_2}{m_1}$ , если их кинетические энергии одинаковы, а отношение радиусов траекторий  $\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{2}$ .

- 1) 1                      2) 2                      3) 8                      4) 4

**A20**

Длина волны рентгеновского излучения равна  $10^{-10}$  м. Во сколько раз энергия одного фотона этого излучения превосходит энергию фотона видимого света с длиной волны  $4 \cdot 10^{-7}$  м?

- 1) 25                      2) 40                      3) 2500                      4) 4000

**A21**

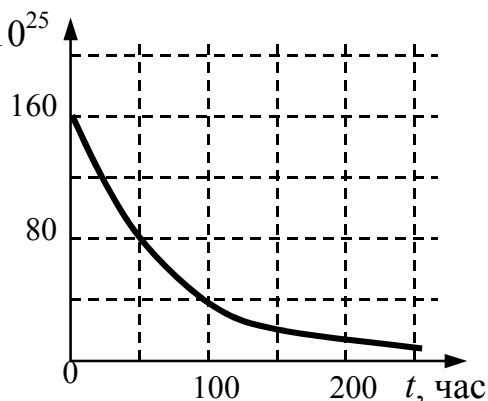
Какие заряд  $Z$  и массовое число  $A$  будет иметь ядро элемента, получившегося из ядра изотопа  ${}_{84}^{215}\text{Po}$  после одного  $\alpha$ -распада и одного электронного  $\beta$ -распада?

- 1)  $A = 213$                       2)  $A = 211$                       3)  $A = 219$                       4)  $A = 212$   
 $Z = 82$                        $Z = 83$                        $Z = 86$                        $Z = 83$

**A22**

Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия  ${}_{68}^{172}\text{Er}$  от времени. Каков период полураспада этого изотопа?

- 1) 25 часов  
2) 50 часов  
3) 100 часов  
4) 200 часов



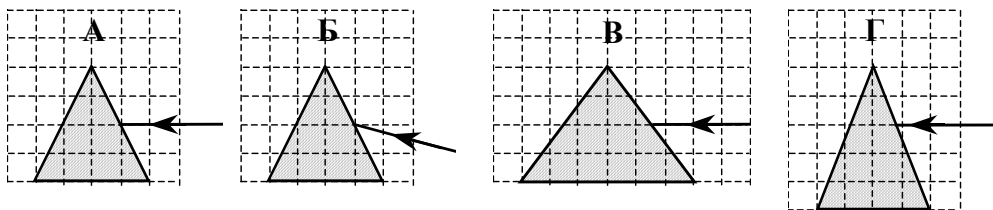
**A23**

Для опытов по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода  $3,4 \cdot 10^{-19}$  Дж и стали освещать ее светом частоты  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Затем частоту уменьшили в 2 раза, одновременно увеличив в 1,5 раза число фотонов, падающих на пластину за 1 с. В результате этого число фотоэлектронов, покидающих пластину за 1 с,

- 1) увеличилось в 1,5 раза
- 2) стало равным нулю
- 3) уменьшилось в 2 раза
- 4) уменьшилось более чем в 2 раза

**A24**

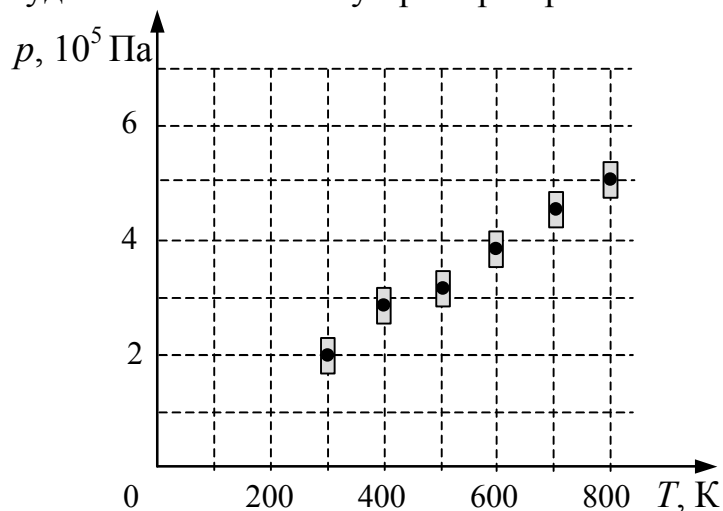
Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Была выдвинута гипотеза, что ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, зависит от угла падения пучка на грань призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие два опыта из тех, схемы которых представлены ниже, нужно провести для такого исследования?



- 1) Б и Г
- 2) Б и В
- 3) А и Б
- 4) В и Г

**A25**

На рисунке показаны результаты измерения давления постоянной массы разреженного газа при повышении его температуры. Погрешность измерения температуры  $\Delta T = \pm 10$  К, давления  $\Delta p = \pm 2 \cdot 10^4$  Па. Газ занимает сосуд объемом 5 л. Чему примерно равно число молей газа?



- 1) 0,2
- 2) 0,4
- 3) 1,0
- 4) 2,0

**Часть 2**

*Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.*

**В1**

В сосуде неизменного объема находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль первого газа. Температура газов в сосуде поддерживалась неизменной. Как изменились в результате парциальные давления газов и их суммарное давление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Парциальное давление первого газа	Парциальное давление второго газа	Давление смеси газов в сосуде

**В2**

Установите соответствие между физическими явлениями и приборами, в которых используются или наблюдаются эти явления.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

ПРИБОР

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| А) Ионизация газа    | 1) Дифракционная решетка  |
| Б) Линейчатый спектр | 2) Просветленный объектив |
|                      | 3) Счетчик Гейгера        |
|                      | 4) Призмный спектроскоп   |

А	Б

**Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.**

**В3**

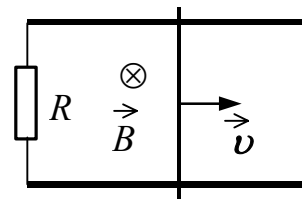
Лыжник массой 60 кг спустился с горы высотой 20 м. Какой была сила сопротивления его движению по горизонтальной лыжне после спуска, если он остановился, проехав 200 м? Считать, что по склону горы он скользил без трения.

**В4**

В теплоизолированный сосуд с большим количеством льда при температуре  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  наливают  $m = 1$  кг воды с температурой  $t_2 = 44^\circ\text{C}$ . Какая масса льда  $\Delta m$  расплавится при установлении теплового равновесия в сосуде? Ответ выразите в граммах.

**В5**

Прямоугольный контур, образованный двумя рельсами и двумя перемычками, находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура. Правая перемычка скользит по рельсам, сохраняя надежный контакт с ними. Известны величины: индукция магнитного поля  $B = 0,1$  Тл, расстояние между рельсами  $l = 10$  см, скорость движения перемычки  $v = 2$  м/с, сопротивление контура  $R = 2$  Ом. Какова сила индукционного тока в контуре? Ответ выразите в миллиамперах (мА).



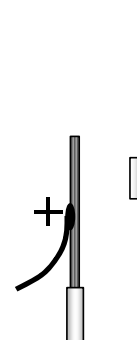
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1**

## Часть 3

**Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.**

С1

Около небольшой металлической пластины, укрепленной на изолирующей подставке, подвесили на длинной шелковой нити легкую металлическую незаряженную гильзу. Когда пластину подсоединили к клемме высоковольтного выпрямителя, подав на нее положительный заряд, гильза пришла в движение. Опишите движение гильзы и объясните его, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано.

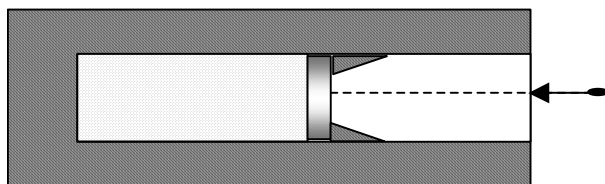


**Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

С2

Тело, свободно падающее с некоторой высоты без начальной скорости, за время  $\tau = 1$  с после начала движения проходит путь в  $n = 5$  раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. Найдите полное время движения.

С3



В вакууме закреплен горизонтальный цилиндр с поршнем. В цилиндре находится 0,1 моль гелия. Поршень удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нем. Температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении возрастает на 64 К. Какова масса поршня? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с поршнем и цилиндром.

**C4** Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. ЭДС источника  $\mathcal{E} = 6$  В, его внутреннее сопротивление  $r = 2$  Ом. Сопротивление реостата можно изменять в пределах от 1 Ом до 5 Ом. Чему равна максимальная мощность тока, выделяемая на реостате?

**C5** В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности 5 мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора 2,5 нКл. В момент времени  $t$  сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.

**C6** Какова максимальная скорость электронов, выбиваемых из металлической пластины светом с длиной волны  $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$  м, если красная граница фотоэффекта  $\lambda_{\text{кр}} = 540$  нм?

**Инструкция по проверке и оценке работ экзаменуемых по физике****Часть 1**

За правильный ответ на каждое задание части 1 ставится 1 балл.

Если указаны два и более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>	<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
A1	4	A14	3
A2	2	A15	4
A3	1	A16	4
A4	3	A17	3
A5	2	A18	4
A6	1	A19	1
A7	3	A20	4
A8	1	A21	2
A9	3	A22	2
A10	4	A23	2
A11	1	A24	3
A12	4	A25	2
A13	1		

**Часть 2**

Задание с кратким ответом считается выполненным верно, если в заданиях В1, В2 правильно указана последовательность цифр, в заданиях В3, В4, В5 – число.

За полный правильный ответ на задания В1, В2 ставится 2 балла, 1 балл – допущена одна ошибка; за неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

За правильный ответ на задания В3, В4, В5 ставится 1 балл, за неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
В1	123
В2	34
В3	60
В4	560
В5	10

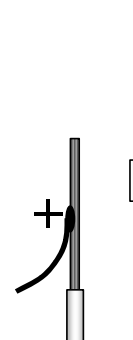
**Часть 3****КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ  
С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ**

Решения заданий С1–С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

**Внимание!** При выставлении баллов за выполнение задания в «Протокол проверки ответов на задания бланка № 2» следует иметь в виду, что, **если ответ отсутствует** (нет никаких записей, свидетельствующих о том, что экзаменуемый приступал к выполнению задания), то в протокол проставляется «X», а не «0».

**С1**

Около небольшой металлической пластины, укрепленной на изолирующей подставке, подвесили на длинной шелковой нити легкую металлическую незаряженную гильзу. Когда пластину подсоединили к клемме высоковольтного выпрямителя, подав на нее положительный заряд, гильза пришла в движение. Опишите движение гильзы и объясните его, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано.

**Ответ:****Образец возможного решения**

- 1) Гильза притянется к пластине, коснется её, а потом отскочит и зависнет в отклонённом состоянии.
- 2) Под действием электрического поля пластины изменится распределение электронов в гильзе и произойдет ее электризация: та ее сторона, которая ближе к пластине (левая), будет иметь отрицательный заряд, а противоположная сторона (правая) — положительный. Поскольку сила взаимодействия заряженных тел уменьшается с ростом расстояния между ними, притяжение к пластине левой стороны гильзы будет больше отталкивания правой стороны гильзы. Гильза будет притягиваться к пластине и двигаться, пока не коснется ее.
- 3) В момент касания часть электронов перейдет с гильзы на положительно заряженную пластину, гильза приобретет положительный заряд и оттолкнется от теперь уже одноименно заряженной пластины.
- 4) Под действием силы отталкивания гильза отклонится вправо и зависнет в положении, когда равнодействующая силы электростатического отталкивания, силы тяжести и силы натяжения нити станет равна нулю.



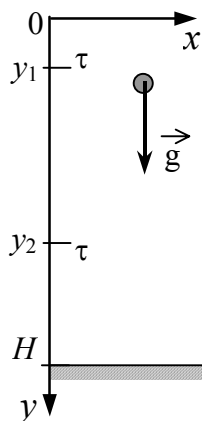
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>описание движения гильзы, п.1</i> ), и полное верное объяснение (в данном случае – <i>п.2–4</i> ) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>электризация во внешнем поле и при контакте с заряженным телом, взаимодействие заряженных тел</i> ).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> из следующих недостатков: — В объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы. ИЛИ — Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты. ИЛИ — Указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ. ИЛИ — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан. ИЛИ — Представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2

Тело, свободно падающее с некоторой высоты без начальной скорости, за время  $\tau = 1$  с после начала движения проходит путь в  $n = 5$  раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. Найдите полное время движения.

**Ответ:**

Образец возможного решения (рисунок не обязателен)



1. Свободно падающее тело движется равноускоренно с ускорением свободно падения  $g$ . В системе отсчета, связанной с землей (см. рис.), при указанных начальных условиях закон движения тела с постоянным ускорением (зависимость координаты тела от времени) имеет

$$\text{вид: } y(t) = \frac{gt^2}{2}.$$

2. Положение точки в момент  $t_1 = \tau$  отмечено на рисунке  $y(t_1) = y_1$ , а в момент времени  $t_2 = T - \tau$  отмечено  $y(t_2) = y_2$ . Здесь  $T$  – полное время движения:

$$y(T) = \frac{gT^2}{2} = H. \text{ Это приводит к системе уравнений}$$

$$y_1 = \frac{gt_1^2}{2} = \frac{g\tau^2}{2},$$

$$y_2 = \frac{gt_2^2}{2} = \frac{g(T - \tau)^2}{2},$$

3. В соответствии с условием задачи путь  $S$ , пройденный за последнюю секунду  $S = H - y_2 = \frac{g}{2} [T^2 - (T - \tau)^2] = \frac{g\tau}{2} (2T - \tau)$ , в  $n$  раз больше, чем за первую  $y_1 = \frac{g\tau^2}{2}$ :  $S = ny_1$ .

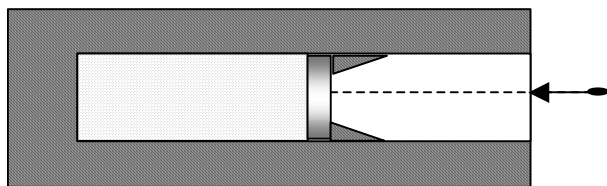
Отсюда получаем соотношение  $2T - \tau = n\tau$ , позволяющее вычислить полное время движения  $T = \frac{n+1}{2}\tau$ .

Ответ:  $T = 3$  с.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>уравнения движения для свободно падающего тела</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допус-</p>	3

кается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков: — В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения 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 задачи (или 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

С3



В вакууме закреплен горизонтальный цилиндр с поршнем. В цилиндре находится 0,1 моль гелия. Поршень удерживается упорами и может скользить влево

вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нем. Температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении возрастает на 64 К. Какова масса поршня? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с поршнем и цилиндром.

**Ответ:**

Образец возможного решения

1. Гелий в цилиндре можно рассматривать, как идеальный газ, изменение температуры  $\Delta T$  которого пропорционально изменению внутренней энергии  $\Delta U$ :  $\Delta U = \nu \frac{3}{2} R \Delta T$ .

Здесь  $\nu$  – количество молей

гелия. Изменение внутренней энергии, в соответствии с первым началом термодинамики, пропорционально количеству теплоты, подведенной к газу  $Q$  и работе  $A$  силы давления поршня, сжимающего газ:  $\Delta U = Q + A$ .

В задаче теплообменом пренебрегают, поэтому  $\Delta U = A$ .

2. При движении поршня от начала его движения в результате неупругого соударения с пулей и до остановки, изменение его кинетической энергии равно работе всех сил, действующих на поршень. Т.к. трения нет, то эта работа равна по модулю и противоположна по знаку работе силы давления. В инерциальной системе отсчета, связанной с цилиндром

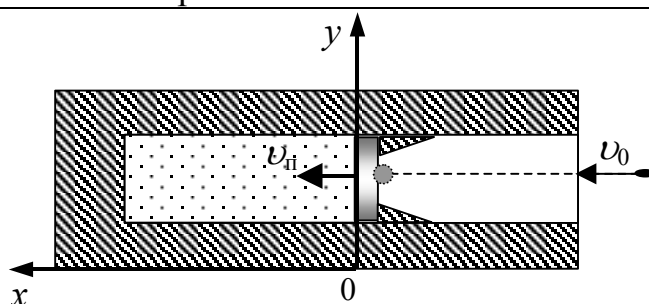
(см. рис.), это приводит к выражению  $\frac{(m + M) v_n^2}{2} = A$ .

Здесь  $m$  и  $M$  — соответственно масса пули и масса поршня,  $v_n$  — скорость поршня сразу после попадания пули.

Скорость поршня сразу после попадания в него пули можно определить при помощи закона сохранения проекции импульса системы поршень + пуля на горизонтальную ось за время соударения, поскольку импульс внешних сил (силы давления газа и действия упоров) пренебрежимо мал за это время:  $m v_0 = (m + M) v_n$ .

Здесь  $v_0$  – скорость пули перед соударением.

3. Из приведенных выражений получаем:  $\frac{m}{M + m} \frac{m v_0^2}{2} = \nu \frac{3}{2} R \Delta T$ ,



что позволяет определить массу поршня:  $M = \frac{m^2 v_0^2}{3Rv\Delta T} - m$ .

Ответ:  $M \approx 90$  г.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>закон сохранения импульса, формула для внутренней энергии идеального одноатомного газа, закон сохранения энергии</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1

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

C4

Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. ЭДС источника  $\mathcal{E} = 6$  В, его внутреннее сопротивление  $r = 2$  Ом. Сопротивление реостата можно изменять в пределах от 1 Ом до 5 Ом. Чему равна максимальная мощность тока, выделяемая на реостате?

**Ответ:**

Образец возможного решения (рисунок не обязателен)

1. Мощность, выделяющаяся на реостате при прохождении по нему тока, равна произведению силы тока  $I$  на напряжение  $U$  на нем:  $P = IU$ .

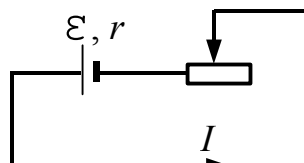


Рис. 1

2. В соответствии с законом Ома для полной цепи, сила тока определяется выражением

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R},$$

а напряжение на реостате можно определить с помощью закона Ома для участка цепи:  $U = IR$ .

Здесь  $R$  – сопротивление части реостата, включенной в цепь.

С помощью приведенных выражений напряжение на реостате можно выразить, как функцию силы тока  $U(I) = \mathcal{E} - Ir$ ,

что позволяет записать формулу для мощности как функции силы тока в цепи  $P(I) = I(\mathcal{E} - Ir)$ .

3. Полученная функция – квадратичная зависимость мощности от силы тока  $P(I) = -I^2r + \mathcal{E}I$ , график которой – парабола. Ее ветви направлены вниз, а корни уравнения  $P(I) = -I^2r + \mathcal{E}I = 0$  расположены симметрично относительно положения максимума функции (см. рис. 2).

Так как эти корни:  $I_1 = 0$ ,  $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r}$ , то максимум функции мощности  $P(I)$

достигается при  $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{2r}$ , откуда  $P_{\max} = P(I_0) = \frac{\mathcal{E}^2}{4r}$ .

Ответ:  $P_{\max} = 4,5$  Вт.

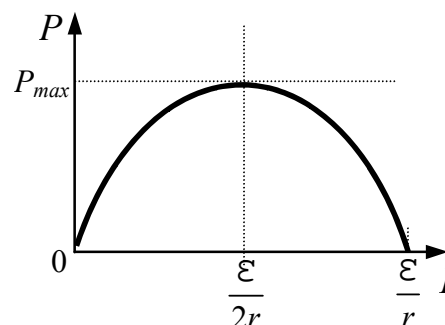


Рис. 2

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон Ома для полной цепи и для участка цепи, формула для мощности тока);	3

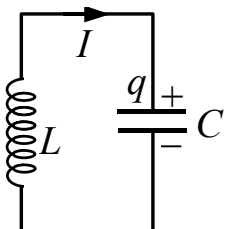
2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков: — В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> — В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> — В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или 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

C5

В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности 5 мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора 2,5 нКл. В момент времени  $t$  сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.

**Ответ:**

Образец возможного решения



1. Энергия заряженного конденсатора определяется выражением  $E_C = \frac{q^2}{2C}$ , а энергия магнитного поля тока в катушке индуктивности  $E_L = \frac{LI^2}{2}$ .

Здесь  $q$  – заряд на пластине конденсатора емкостью  $C$ , а

$I$  – ток заряда конденсатора, текущий по катушке индуктивностью  $L$  (см. рисунок).

2. В идеальном контуре суммарная энергия конденсатора и катушки сохраняется, периодически переходя из энергии конденсатора в энергию катушки и обратно:

$$\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = E_0.$$

Закон сохранения энергии позволяет найти зависимость заряда конденсатора как функцию силы тока  $I$ :  $q(I) = \sqrt{2CE_0 - LI^2}$ .

3. В момент времени, когда зарядный ток обращается в ноль, заряд конденсатора достигает максимального значения, и его энергия равна полной энергии системы:

$$\frac{q_m^2}{2C} = E_0, \quad \text{откуда } 2CE_0 = q_m^2.$$

При колебаниях в контуре в некоторый момент заряд конденсатора обращается в ноль, а ток через катушку достигает максимального значения  $I_m$ . При этом энергия магнитного поля катушки равна полной энергии:

$$\frac{LI_m^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C}, \quad \text{что приводит к соотношению } LC = \frac{q_m^2}{I_m^2}.$$

С учетом полученных выражений заряд конденсатора можно записать в

$$\text{виде: } q(I) = q_m \sqrt{1 - \frac{I^2}{I_m^2}}.$$

Ответ: заряд конденсатора в момент времени  $t$ :  $q = 2,0$  нКл.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — формула для энергии заряженного конденсатора и энергии магнитного поля катушки с</p>	3



<p><i>током, закон сохранения энергии</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С6

Какова максимальная скорость электронов, выбиваемых из металлической пластины светом с длиной волны  $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$  м, если красная граница фотоэффекта  $\lambda_{\text{кр}} = 540$  нм?

**Ответ:**

Образец возможного решения

1. Максимальная скорость  $v$  фотоэлектронов, выбитых из пластины, может быть определена из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2},$$

где  $\nu$  – частота падающих фотонов,  $A_{\text{вых}}$  – работа выхода электронов.

Отсюда же нетрудно определить "красную границу" фотоэффекта, т.е. минимальную частоту фотонов  $\nu_{\text{min}}$ , при которой возможно выбивание фотоэлектронов, т.е. кинетическая энергия вылетевших электронов равна нулю:  $h\nu_{\text{min}} = A_{\text{вых}}$ .

2. Частота фотонов связана с длиной волны падающего света соотношением:  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ .

3. Отсюда максимальная скорость фотоэлектронов  $v = \sqrt{\frac{2hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)}{m}}$ ,

где  $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_{\text{min}}}$  – длина волны красной границы света.

Ответ:  $v = 800$  км/с.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, формула, связывающая частоту и длину волны фотона</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <p>— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p>	2

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