

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, 25–27 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: -2,5 м/с².

3	-	2	,	5															
---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность двух 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	В	П	Р	А	В	О													
----	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 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

19	3	8	9	4															
----	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответ: (14 ± 0,2) Н.

22	1	,	4	0	,	2													
----	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

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

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой 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, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был 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	π = 3,14
ускорение свободного падения на Земле	g = 10 м/с ²
гравитационная постоянная	G = 6,7 · 10 ⁻¹¹ Н · м ² /кг ²
универсальная газовая постоянная	R = 8,31 Дж/(моль · К)
постоянная Больцмана	k = 1,38 · 10 ⁻²³ Дж/К
постоянная Авогадро	N _A = 6 · 10 ²³ моль ⁻¹
скорость света в вакууме	c = 3 · 10 ⁸ м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	k = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ Н · м ² /Кл ²
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	e = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Кл
постоянная Планка	h = 6,6 · 10 ⁻³⁴ Дж · с

Соотношение между различными единицами	
температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66 · 10 ⁻²⁷ кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Дж
1 астрономическая единица	1 а.е. ≈ 150 000 000 км
1 световой год	1 св. год ≈ 9,46 · 10 ¹⁵ м
1 парсек	1 пк ≈ 3,26 св. года

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

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			
воды	1000 кг/м^3	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

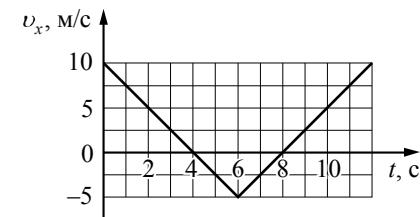
Удельная теплоёмкость			
воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$	алюминия	$900 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$	меди	$380 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$
железа	$460 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$	чугуна	$500 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$
свинца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

Удельная теплота	
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
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 Па , температура – $0 \text{ }^\circ\text{C}$

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	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

1 Тело движется вдоль оси Ox . По графику зависимости проекции скорости тела v_x от времени t установите модуль перемещения тела за время от $t_1 = 6 \text{ с}$ до $t_2 = 10 \text{ с}$.



Ответ: _____ м.

2 Пружина жёсткостью $2 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$ одним концом закреплена в штативе. На какую величину она растянется под действием силы 400 Н ?

Ответ: _____ см.

3 Отношение массы автокрана к массе легкового автомобиля $\frac{m_1}{m_2} = 8$. Каково

отношение $\frac{v_1}{v_2}$ их скоростей, если отношение импульса автокрана к импульсу легкового автомобиля равно 4?

Ответ: _____.

4 Шарик массой $0,4 \text{ кг}$, подвешенный на пружине, совершает свободные гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. Какой должна быть масса шарика, чтобы период его свободных вертикальных гармонических колебаний на этой же пружине был в 2 раза меньше?

Ответ: _____ кг.

5 Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. В некоторый момент времени спутник проходит положение *минимального* удаления от Земли. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения.

- 1) Сила притяжения спутника к Земле в этом положении минимальна.
- 2) Потенциальная энергия спутника в этом положении максимальна.
- 3) Ускорение спутника при прохождении этого положения равно 0.
- 4) Скорость спутника при прохождении этого положения максимальна.
- 5) При движении спутника его полная механическая энергия остаётся неизменной.

Ответ:

--	--

6 Деревянный шарик плавает в воде. Как изменятся сила тяжести, действующая на шарик, и глубина погружения шарика в жидкость, если он будет плавать в керосине?

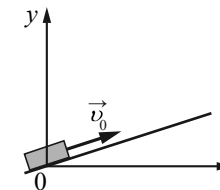
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Сила тяжести	Глубина погружения шарика в жидкость

7 После удара в момент времени $t=0$ шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью \vec{v}_0 , как показано на рисунке. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать (t_0 – время движения шайбы по наклонной плоскости). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
<p>А) </p> <p>Б) </p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) координата y 2) проекция импульса p_x 3) проекция ускорения a_y 4) кинетическая энергия E_k

Ответ:

А	Б

8 Температура воздуха в замкнутом сосуде равна 273 К. До какой температуры нужно нагреть воздух в сосуде при постоянном объёме, чтобы его давление утроилось?

Ответ: _____ К.

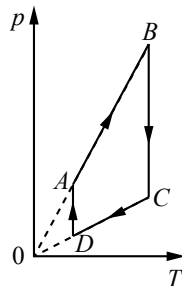
9 Рабочее тело тепловой машины с КПД 40% за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 50 Дж. Какое количество теплоты рабочее тело отдаёт за цикл холодильнику?

Ответ: _____ Дж.

10 Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 30%. Какой станет относительная влажность воздуха в сосуде, если его объём при неизменной температуре увеличить в 3 раза?

Ответ: _____ %.

11 На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах p - T , где p – давление газа, T – абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих процессы на графике.

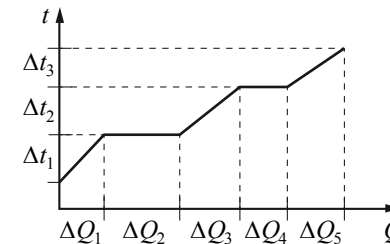


- 1) Газ за цикл совершает отрицательную работу.
- 2) В процессе AB газ получает положительное количество теплоты.
- 3) В процессе BC внутренняя энергия газа остаётся неизменной.
- 4) В процессе DA газ изотермически расширяется.
- 5) В процессе CD над газом совершают работу внешние силы.

Ответ:

--	--

12 В цилиндре под поршнем находилось твёрдое вещество массой m . Цилиндр поместили в печь. На рисунке схематично показан график изменения температуры t вещества по мере поглощения им количества теплоты Q . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих происходящие с веществом тепловые процессы.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

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

ФОРМУЛЫ

- А) $\frac{\Delta Q_1}{m\Delta t_1}$
 Б) $\frac{\Delta Q_4}{m}$

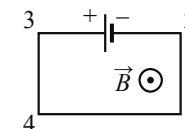
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) удельная теплоёмкость твёрдого вещества
- 2) удельная теплота плавления
- 3) удельная теплота парообразования
- 4) удельная теплоёмкость жидкости

Ответ:

А	Б

13 Электрическая цепь, состоящая из трёх прямолинейных проводников (1–2, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого \vec{B} направлен к наблюдателю (см. рисунок). Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 3–4? *Ответ запишите словом (словами).*

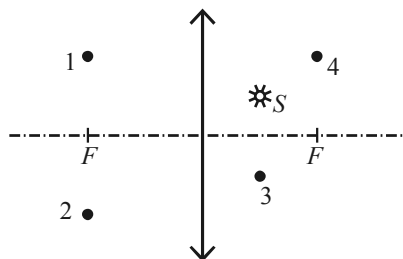


Ответ: _____.

14 На колбе лампы накаливания указано: «165 Вт, 220 В». Найдите силу тока в спирали при включении лампы в сеть с таким напряжением.

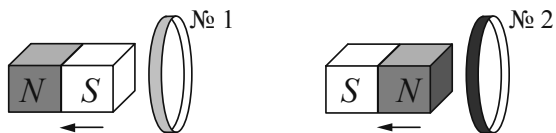
Ответ: _____ А.

15 Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, является изображением точки S , полученным в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием F ?



Ответ: точка _____.

16 От деревянного кольца № 1 отодвигают южный полюс полосового магнита, а от медного кольца № 2 – северный полюс (см. рисунок).



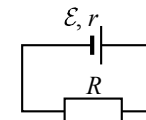
Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения.

- 1) Кольцо № 2 отталкивается от магнита.
- 2) В кольце № 2 возникает индукционный ток.
- 3) Кольцо № 1 притягивается к магниту.
- 4) В кольце № 1 индукционный ток не возникает.
- 5) В опыте с кольцом № 1 наблюдается явление электромагнитной индукции.

Ответ:

--	--

17 Замкнутая электрическая цепь состоит из источника тока с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r и резистора R (см. рисунок). Как изменятся напряжение на клеммах источника и количество теплоты, выделяющееся в источнике в единицу времени, если последовательно к резистору подключить ещё один такой же резистор?



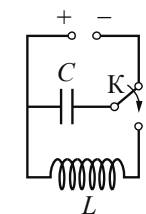
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

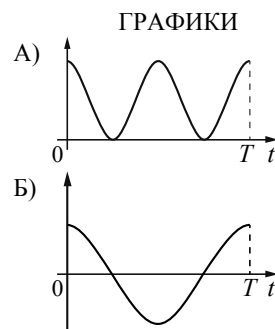
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Напряжение на клеммах источника	Количество теплоты, выделяющееся в источнике в единицу времени

18 Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t=0$ переключатель K переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения физических величин, характеризующих возникшие после этого колебания в контуре (T – период колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.



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



- ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**
- 1) сила тока в катушке
 - 2) энергия магнитного поля катушки
 - 3) энергия электрического поля конденсатора
 - 4) заряд левой обкладки конденсатора

Ответ:

А	Б

- 19** При взаимодействии ядра изотопа бора $^{10}_5\text{B}$ с нейтроном образуются α -частица и ядро ^A_ZX . Определите массовое число и зарядовое число ядра ^A_ZX .

Массовое число A	Зарядовое число Z

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

- 20** Период полураспада изотопа цезия $^{137}_{55}\text{Cs}$ равен 30 дням. Во сколько раз уменьшится количество атомов этого изотопа цезия в образце, содержащем первоначально 1 мкмоль изотопа, за 60 дней?

Ответ: в _____ раз(а).

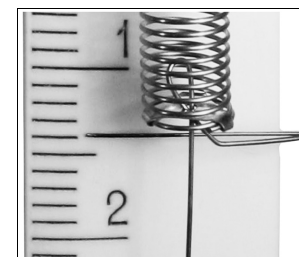
- 21** При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент поочередно освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только жёлтый свет, а во второй – пропускающий только синий. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение. Как изменились длина световой волны, падающей на фотоэлемент, и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Длина световой волны, падающей на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

- 22** Определите показания динамометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Шкала динамометра проградуирована в Н.



Ответ: (_____ ± _____) Н.

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

- 23** Для проведения лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его диаметра ученику выдали пять проводников, характеристики которых приведены в таблице. Какие два из предложенных ниже проводников необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал
1	100 см	1,0 мм	медь
2	200 см	0,5 мм	медь
3	200 см	1,0 мм	медь
4	100 см	0,5 мм	алюминий
5	300 см	1,0 мм	медь

Запишите в ответе номера выбранных проводников.

Ответ:

- 24 Рассмотрите таблицу, в которой указаны характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца, а.е.	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	87,97 суток	4,25
Венера	0,72	12 104	224,7 суток	10,36
Земля	1,00	12 756	365,3 суток	11,18
Марс	1,52	6794	687 суток	5,02
Юпитер	5,20	142 984	11 лет 315 суток	59,54
Сатурн	9,58	120 536	29 лет 168 суток	35,49
Уран	19,19	51 118	84 года 5 суток	21,29
Нептун	30,02	49 528	164 года 290 суток	23,71

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- Ускорение свободного падения на Меркурии составляет $3,7 \text{ м/с}^2$.
- Объём Марса примерно в 2 раза меньше объёма Венеры.
- Орбита Венеры находится на расстоянии примерно 108 млн км от Солнца.
- Первая космическая скорость для спутника Нептуна составляет примерно $11,86 \text{ км/с}$.
- Угловая скорость движения Сатурна по орбите вокруг Солнца примерно в 2,5 раза больше, чем угловая скорость Юпитера.

Ответ:

--	--

Часть 2

Ответом к заданиям 25–27 является число. Это число запишите 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 Расстояние между пунктами А и В равно 30 км. Из пункта А в направлении пункта В выезжает мотоциклист со скоростью 50 км/ч. Одновременно из пункта В в том же направлении, что и мотоциклист, выезжает трактор со скоростью 20 км/ч. На каком расстоянии от пункта А мотоциклист догонит трактор?

Ответ: _____ км.

- 26 В калориметр с водой, температура которой 0°C , опущена трубка. По трубке в воду впускают насыщенный водяной пар при температуре 100°C . В некоторый момент масса воды перестаёт увеличиваться, хотя пар по-прежнему пропускают. Первоначальная масса воды 230 г. На сколько граммов увеличилась масса воды? Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: _____ г.

- 27 Оптическая сила тонкой собирающей линзы равна 1 дптр. Точечный источник света, расположенный на главной оптической оси линзы, удалён от неё на три фокусных расстояния. На каком расстоянии от линзы находится изображение источника?

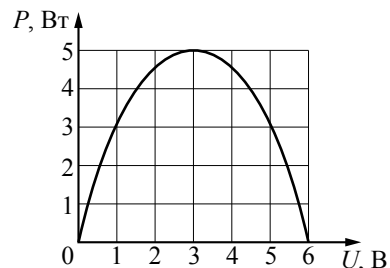
Ответ: _____ м.



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.

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

28 Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r и подключённого к ней резистора нагрузки с сопротивлением R . При изменении сопротивления нагрузки изменяется напряжение на ней и мощность в нагрузке. На рисунке представлен график зависимости мощности, выделяющейся на нагрузке, от напряжения на ней.



Используя известные Вам физические законы, объясните, почему данный график зависимости мощности от напряжения представляет собой параболу.

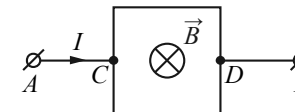
Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

29 Пушка, закреплённая на высоте 5 м, стреляет в горизонтальном направлении снарядами массой 10 кг. Вследствие отдачи её ствол сжимает на 1 м пружину жёсткостью $6 \cdot 10^3$ Н/м, производящую перезарядку пушки. При этом на сжатие пружины идёт относительная доля $\eta = \frac{1}{6}$ энергии отдачи. Какова масса ствола, если дальность полёта снаряда равна 600 м? Сопротивлением воздуха при полёте снаряда пренебречь.

30 Два баллона объёмами 10 и 20 л содержат 2 моль кислорода и 1 моль азота соответственно при температуре 28 °С. Какое давление установится в баллонах, если их соединить между собой? Температуру газов считать неизменной.

31

Квадратная рамка со стороной $l = 10$ см подключена к источнику постоянного тока серединами своих сторон так, как показано на рисунке. На участке AC течёт ток $I = 2$ А. Сопротивление всех сторон рамки одинаково. В однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки, результирующая сила Ампера, действующая на рамку, $F = 80$ мН. Определите модуль вектора индукции магнитного поля B . Сделайте рисунок с указанием сил Ампера, действующих на все стороны рамки.



32

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



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