

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 30 заданий.

В заданиях 1–3, 7–9, 12–14 и 18 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.

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

Бланк

Ответом к заданиям 4–6, 10, 11, 15–17, 19, 20, 21 и 23 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																		
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Бланк

Ответом к заданию 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.

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

Бланк

Ответ к заданиям 24–30 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	$\pi = 3,14$
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношения 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 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

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

Удельная теплоёмкость

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	2,3·10 ⁶	Дж/кг			
плавления свинца	2,5·10 ⁴	Дж/кг			
плавления льда	3,3·10 ⁵	Дж/кг			
Нормальные условия: давление – 10 ⁵ Па, температура – 0 °С					
Молярная масса					
азота	28·10 ⁻³	кг/моль	гелия	4·10 ⁻³	кг/моль
аргона	40·10 ⁻³	кг/моль	кислорода	32·10 ⁻³	кг/моль
водорода	2·10 ⁻³	кг/моль	лития	6·10 ⁻³	кг/моль
воздуха	29·10 ⁻³	кг/моль	неона	20·10 ⁻³	кг/моль
воды	18·10 ⁻³	кг/моль	углекислого газа	44·10 ⁻³	кг/моль

Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. 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.

- 1 Материальная точка равномерно движется по окружности радиусом R со скоростью u . Во сколько раз нужно увеличить скорость её движения, чтобы при увеличении радиуса окружности в 4 раза центростремительное ускорение точки осталось прежним?

Ответ: в _____ раз(а).

- 2 Санки массой 5 кг скользят по горизонтальной дороге. Сила трения скольжения их полозьев о дорогу равна 6 Н. Каков коэффициент трения скольжения полозьев санок о дорогу?

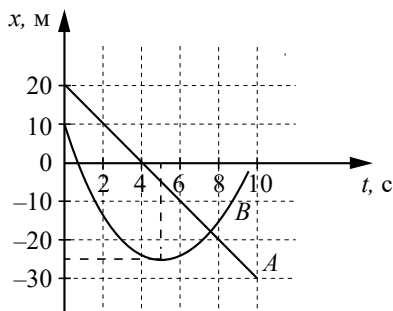
Ответ: _____.

- 3 Тело массой 6 кг движется прямолинейно со скоростью 2 м/с в инерциальной системе отсчёта. На тело начала действовать постоянная тормозящая сила, равная по модулю 4 Н. Сколько времени пройдёт до момента остановки тела?

Ответ: _____ с.

4

На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: A и B , движущихся вдоль оси Ox . Выберите все верные утверждения о характере движения тел.



- 1) За время от 3 до 9 с тело B прошло путь 15 м.
- 2) Импульс тела A с течением времени не изменяется.
- 3) В момент времени $t = 4$ с проекция скорости тела A на ось Ox была равна 0.
- 4) Тело B движется равномерно.
- 5) В момент времени $t = 5$ с импульс тела B был равен 0.

Ответ: _____.

5

Шарик, брошенный с поверхности Земли под углом 20° к горизонту с начальной скоростью $\vec{v}_0$, поднялся на максимальную высоту H и пролетел в горизонтальном направлении расстояние L . Что произойдёт с дальностью полёта шарика и временем его полёта, если шарик бросить с той же по величине начальной скоростью под углом 30° к горизонту?

Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Дальность полёта шарика	Время полёта шарика

6 На гладком горизонтальном столе брусок массой M , прикрепленный к вертикальной стене лёгкой горизонтальной пружиной жёсткостью k , совершает свободные гармонические колебания с амплитудой A .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) частота колебаний бруска
Б) амплитуда ускорения бруска

ФОРМУЛЫ

- 1) $A \frac{k}{M}$
2) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{M}{k}}$
3) $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}}$
4) $A \sqrt{\frac{k}{M}}$

Ответ:

А	Б

7 Давление разреженного газа в сосуде возросло в 4 раза, а средняя энергия поступательного теплового движения его молекул уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз увеличилась концентрация молекул газа в сосуде?

Ответ: в _____ раз(а).

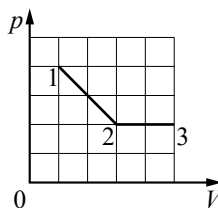
8 Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 30%. Какой станет относительная влажность воздуха в сосуде, если при неизменной температуре перемещением поршня уменьшить объём сосуда в 2 раза?

Ответ: _____ %.

9

На рисунке показано, как менялось давление газа в зависимости от его объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3.

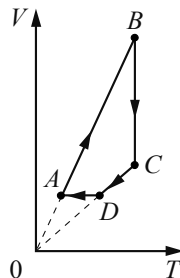
Каково отношение работ газа $\frac{A_{12}}{A_{23}}$ на этих двух участках pV -диаграммы?



Ответ: _____.

10

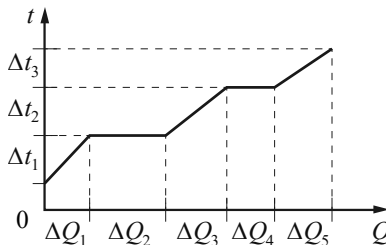
На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах $V-T$, где V – объём газа, T – абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие отражённые на графике процессы.



- 1) В процессе AB газ получает положительное количество теплоты.
- 2) В состоянии B концентрация атомов газа максимальна.
- 3) В процессе DA давление газа изохорно увеличивается.
- 4) В процессе BC внутренняя энергия газа остаётся неизменной.
- 5) Давление газа в процессе CD постоянно, при этом газ совершает положительную работу.

Ответ: _____.

- 11** В цилиндре под поршнем находится 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) $\frac{\Delta Q_5}{m \Delta t_3}$

Б) $\frac{\Delta Q_2}{m}$

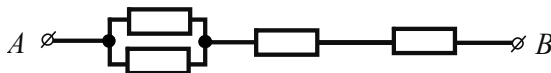
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

- 12** На участке цепи, изображённом на рисунке, сопротивление каждого из четырёх резисторов равно 6 Ом. Каково общее сопротивление цепи между клеммами А и В?



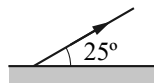
Ответ: _____ Ом.

- 13** За $\Delta t = 4$ с магнитный поток, пронизывающий площадку, ограниченную проволочной рамкой, равномерно уменьшается от некоторого значения Φ до нуля. При этом в рамке генерируется ЭДС, равная 8 В. Чему равен начальный магнитный поток Φ ?

Ответ: _____ Вб.

14

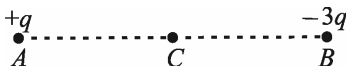
Угол между зеркалом и отражённым от него лучом равен 25° (см. рисунок). Определите угол падения исходного луча на зеркало.



Ответ: _____ градус(а, -ов).

15

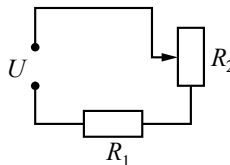
Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках A и B , несут на себе заряды $+q > 0$ и $-3q$ соответственно (см. рисунок). Точка C расположена посередине отрезка AB . Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения относительно этой ситуации.



- 1) Если бусинку с зарядом $+q$ заменить на бусинку с зарядом $-q$, то модуль напряжённости результирующего электростатического поля в точке C увеличится в 2 раза.
- 2) Сила Кулона, действующая на бусинку в точке A , и сила Кулона, действующая на бусинку в точке B , равны по модулю.
- 3) Если бусинки соединить проводником, то заряд бусинки в точке A станет отрицательным.
- 4) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке C направлена горизонтально влево.
- 5) Если бусинки соединить стеклянной незаряженной палочкой, то они будут отталкиваться друг от друга.

Ответ: _____.

- 16** Резистор R_1 и реостат R_2 подключены последовательно к источнику постоянного напряжения U (см. рисунок). Как изменятся сила тока в цепи и тепловая мощность, выделяющаяся во всей внешней цепи, если уменьшить сопротивление реостата? Считать, что напряжение на клеммах источника остаётся при этом прежним.



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 тока в цепи	Тепловая мощность, выделяющаяся во всей внешней цепи

- 17** Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивностью $L = 400$ мкГн. Напряжение на пластинах конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой $u(t) = 100 \sin(2,5 \cdot 10^6 t)$. Все величины выражены в единицах системы СИ.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимость от времени.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) энергия $W_L(t)$ магнитного поля катушки

Б) сила тока $i(t)$ в колебательном контуре

ФОРМУЛЫ

1) $10^{-6} \sin(2,5 \cdot 10^6 t)$

2) $2 \cdot 10^{-6} \cos^2(2,5 \cdot 10^6 t)$

3) $0,1 \cos(2,5 \cdot 10^6 t)$

4) $0,1 \sin(2,5 \cdot 10^6 t)$

Ответ:

А	Б

- 18** В результате реакции ${}^1_0n + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^{145}_{55}\text{Cs} + 3{}^1_0n$ образуется ядро химического элемента ${}^A_Z\text{X}$. Каково массовое число A образовавшегося ядра?

Ответ: _____.

19

На установке, представленной на фотографиях (рисунок *а* – общий вид, рисунок *б* – фотоэлемент), исследовали зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителя помещали различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только жёлтый свет, а во второй – пропускающий только синий свет.

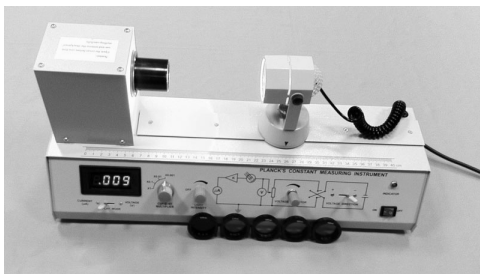


Рис. а



Рис. б

Как изменялись частота световой волны падающего света и работа выхода фотоэлектронов из металла при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличивалась
- 2) уменьшалась
- 3) не изменялась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны, падающей на фотоэлемент	Работа выхода

20

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Сила Архимеда, действующая на тело, полностью погружённое в жидкость, прямо пропорциональна объёму тела.
- 2) Теплопередача путём конвекции наблюдается в жидкостях и газах.
- 3) При последовательном соединении резисторов напряжения на всех резисторах одинаковы.
- 4) Вследствие интерференции электромагнитных волн происходит перераспределение энергии в пространстве: энергия концентрируется в максимумах и не поступает в минимумы интерференции.
- 5) Заряды атомных ядер изотопов химического элемента различны, но массы их одинаковы.

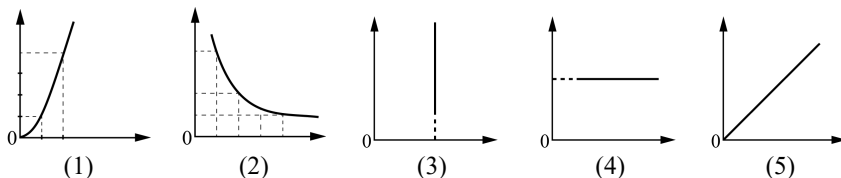
Ответ: _____.

21

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость пути, пройденного телом при равномерном движении, от времени;
 Б) зависимость объёма постоянной массы идеального газа от абсолютной температуры в изохорном процессе;
 В) зависимость ёмкости плоского конденсатора с расстоянием d между пластинами от площади пластин.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

А	Б	В

22

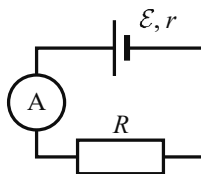
150 одинаковых болтов, упакованных в пакет, положили на весы. Весы показали 75 г. Чему равна масса одного болта по результатам этих измерений, если абсолютная погрешность данного измерения равна 3 г? Массу самого пакета не учитывать.

Ответ: (_____ $\pm$ _____) г.

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

23

Ученик изучает законы постоянного тока. В его распоряжении имеется пять аналогичных электрических цепей (см. рисунок) с различными источниками и внешними сопротивлениями, характеристики которых указаны в таблице. Какие **две** цепи необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость силы тока, протекающего в цепи, от внешнего сопротивления?



№ цепи	ЭДС источника $\mathcal{E}$, В	Внутреннее сопротивление источника r , Ом	Внешнее сопротивление R , Ом
1	9	1,0	5
2	6	0,5	8
3	8	1,5	8
4	9	1,5	5
5	6	0,5	16

Запишите в ответе номера выбранных цепей.

Ответ:

--	--



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

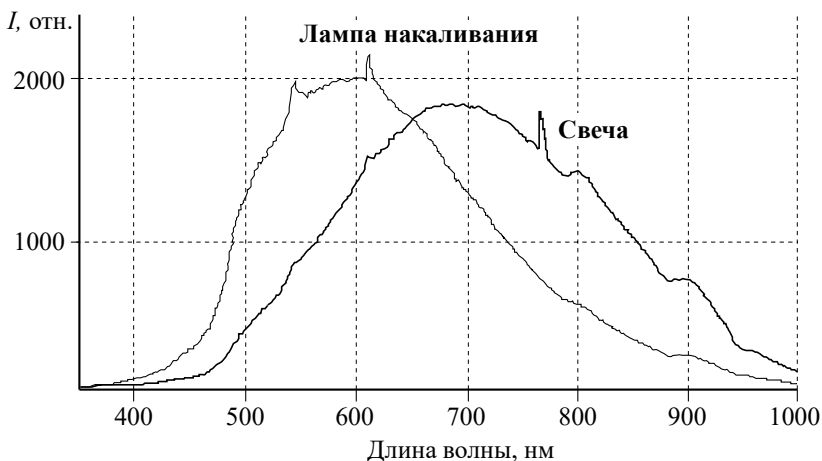
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Для записи ответов на задания 24–30 используйте **БЛАНК ОТВЕТОВ № 2**. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

24

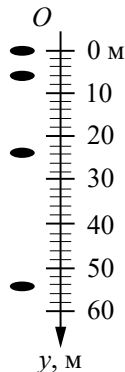
В классе при электрическом освещении лампами накаливания показали опыт: цинковый шар электрометра зарядили эбонитовой палочкой, потёртой о сукно. При этом стрелка электрометра отклонилась, заняв положение, указанное на рисунке, и не меняла его. Через некоторое время к шару на расстояние нескольких сантиметров поднесли горящую свечу, при этом стрелка электрометра быстро опустилась вниз. Спектр излучения свечи (зависимость интенсивности излучения I от длины волны) показан на рисунке. Объясните разрядку электрометра, примите во внимание приведённые спектры и то, что для цинка «красная граница» фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}} = 290 \text{ нм}$.



Полное правильное решение каждой из задач 25–30 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.

25

На неизвестной планете, лишённой атмосферы, космонавт уронил предмет, четыре последовательных положения которого через каждую секунду показаны на рисунке. Покажите, что движение предмета равноускоренное, и определите проекцию вектора ускорения, с которым падает предмет, на направление оси y .



26

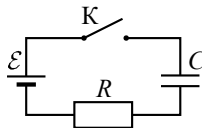
Тонкая линза с фокусным расстоянием $F = 20$ см даёт действительное, увеличенное в 5 раз изображение предмета. На каком расстоянии от линзы находится предмет? Постройте изображение предмета в линзе.

27

В сосуде под поршнем находится влажный воздух при давлении $p_1 = 120$ кПа и температуре $t = 80$ °С с относительной влажностью $\phi = 70\%$. Объём под поршнем уменьшают в три раза при постоянной температуре. Каким станет давление влажного воздуха под поршнем? Давление насыщенных паров воды p_n при температуре $t = 80$ °С равно 47,3 кПа.

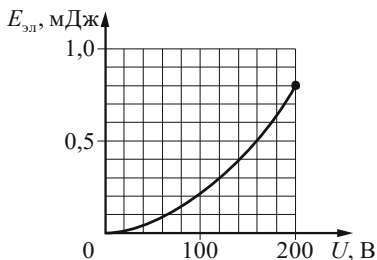
28

Незаряженный конденсатор ёмкостью $C = 0,1$ мкФ подключают к источнику тока по схеме, показанной на рисунке. Сопротивление резистора $R = 500$ Ом, сопротивлением проводов и внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Какова ЭДС $\mathcal{E}$ источника тока, если на резисторе после замыкания ключа K в процессе зарядки конденсатора выделяется количество теплоты $Q = 7,2$ мкДж?



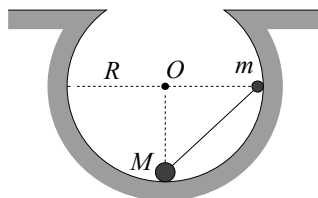
29

В колебательном контуре, активное сопротивление которого равно нулю, происходят свободные электромагнитные колебания с периодом $T = 50,24$ мкс и максимальным напряжением на конденсаторе $U_{\max}$. Зависимость энергии электрического поля конденсатора от разности потенциалов между его обкладками в пределах от 0 до $U_{\max}$ приведена на графике. Определите максимальное значение силы тока в контуре.



30

Маленькие шарики, имеющие массы M и $m = 60$ г, соединены друг с другом стержнем пренебрежимо малой массы. Полученная гантель помещена в неподвижную сферическую выемку радиусом R так, что шарик M находится в нижней точке выемки, а шарик m касается стенки выемки на высоте R от этой точки (см. рисунок). Коэффициент трения между шариком M и дном выемки $\mu = 0,3$, трение между шариком m и стенкой выемки отсутствует. При каких значениях M гантель покоится в показанном на рисунке положении? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на гантель. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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