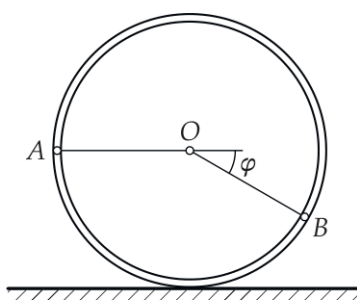


МОШ, 2022/23, отборочный этап, 11 класс

Условия и ответы

1 Радиусы кривизны

Тонкий обруч радиусом 14,1 см катится без проскальзывания с постоянной скоростью по горизонтальной поверхности. Ответы на следующие вопросы дайте в сантиметрах, округлите до целого.



К задаче 1

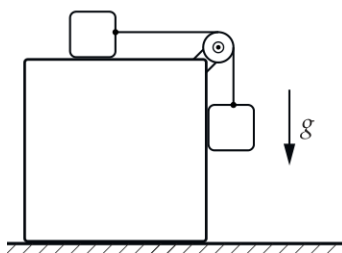
1. Чему равен радиус кривизны траектории такой точки A обруча, что в данный момент вектор $\vec{OA}$ лежит в горизонтальной плоскости (см. рисунок)?
2. Найдите радиус кривизны траектории точки B обруча, для которой в рассматриваемый момент времени вектор $\vec{OB}$ составляет угол $\varphi = \frac{\pi}{6}$ с горизонталью.

Ответ

- 1) $r_A = 2\sqrt{2}R \approx 40$ см; 2) $r_B = 2R \approx 28$ см.

2 Куб и кубики

В механической системе, изображённой на рисунке, блок идеальный, нить невесомая и нерастяжимая, масса любого маленького кубика равна массе большого куба. В ответе на любой из вопросов задачи укажите номера всех столбцов таблицы (без запятых и пробелов), в которых стоят значения μ , удовлетворяющие условию.



К задаче 2

1. Пусть трение между маленькими кубиками и большим кубом отсутствует. При каких значениях коэффициента трения μ между горизонтальной поверхностью и большим кубом он будет оставаться в покое при движении маленьких кубиков?

покое при движении маленьких кубиков:

№	1	2	3	4	5	6
μ	0,08	0,15	0,22	0,29	0,35	0,50

2. Пусть коэффициент трения между верхним маленьким кубиком и большим кубом равен 0,25. При каких значениях коэффициента трения μ между горизонтальной поверхностью и большим кубом, последний будет оставаться в покое при движении маленьких кубиков?

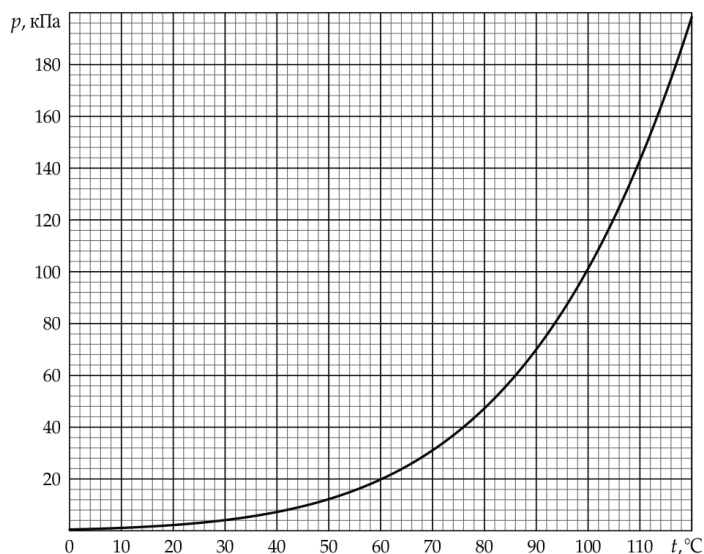
№	1	2	3	4	5	6
μ	0,24	0,18	0,15	0,12	0,09	0,03

Ответ

1) 3456; 2) 123.

3 Охлаждение влажного воздуха

В герметичном сосуде с жёсткими стенками находится влажный воздух при температуре 117°C и давлении 200 кПа, при этом количество водяных паров равно количеству сухого воздуха. Сосуд медленно охлаждают. Зависимость давления насыщенных паров воды от температуры приведена на графике ниже. Объёмом образующейся в результате конденсации воды по сравнению с объёмом сосуда можно пренебречь.



В ответе на вопрос любого пункта задачи следует указывать номер столбца таблицы, в котором стоит значение, наиболее близкое к найденному вами.

1. Чему равна влажность воздуха φ в начальный момент?

№	1	2	3	4	5	6
$\varphi, \%$	100	90	75	65	55	45

2. При какой температуре t начнётся конденсация пара?

№	1	2	3	4	5	6
$t, ^\circ\text{C}$	110	105	98	92	87	78

3. Чему будет равно давление p в сосуде при температуре 0°C ?

№	1	2	3	4	5	6
$p, \text{кПа}$	50	55	65	70	75	85

Ответ

1) 5; 2) 3; 3) 4.

4 Получает и диссоциирует

В вертикальном сосуде под тяжёлым поршнем находится некоторое количество двухатомного газа. Сосуд обладает хорошей теплопроводностью, температура окружающей среды снаружи сосуда постоянна и равна T_0 . Молярную теплоёмкость газа при постоянном объёме можно считать равной $\frac{5R}{2}$, пренебрегая вкладом колебательных степеней свободы. Молекулы газа медленно и необратимо диссоциируют на атомы. Для разрыва химической связи между атомами в молекуле необходима энергия, равная $W_0 = kT_0$, где k — постоянная Больцмана ($kN_A = R$). Начальные значения давления и объёма газа равны: $p_0 = 10^5$ Па и $V_0 = 1$ л соответственно.

В ответе на вопрос любого пункта задачи следует указывать номер столбца таблицы, в котором стоит значение, наиболее близкое к найденному вами.

1. Чему будет равен объём V газа после окончания процесса диссоциации?

№	1	2	3	4	5	6
$V, \text{л}$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

2. Определите количество теплоты Q , полученное газом от окружающей среды за большое время после начала процесса.

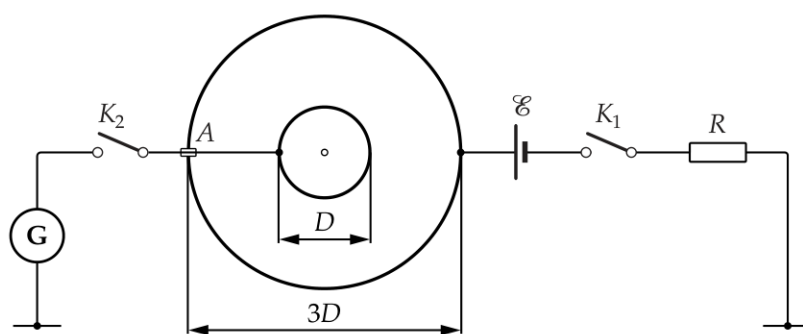
№	1	2	3	4	5	6
$Q, \text{Дж}$	400	350	300	250	200	150

Ответ

1) 4 ($V = 2$ л); 2) 4 ($Q = 250$ Дж).

5 Сферы с ключами

Две концентрические проводящие сферы соединены в цепь, показанную на рисунке, при этом параметры цепи удовлетворяют соотношениям: $\pi\epsilon_0 D = 10 \text{ мкФ}$, $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$. В точке A во внешней сфере сделано отверстие, через которое пропущен изолированный провод, присоединённый к ключу K_2 . В начальный момент ключи K_1 и K_2 разомкнуты, а заряды сфер равны нулю. Сначала замыкают ключ K_1 . Ответы на вопросы задачи дайте в мДж, округлите до целого.



1. Какое количество теплоты выделится в цепи в процессе установления стационарного режима?

Спустя очень большое время после замыкания ключа K_1 , когда заряд внешней сферы перестает изменяться, замыкают ключ K_2 .

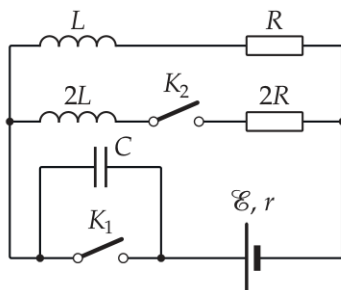
2. Какую работу совершит батарея в процессе установления стационарного режима после замыкания ключа K_2 ?

Ответ

- 1) $Q = 3 \text{ мДж}$; 2) $A_2 = 3 \text{ мДж}$.

6 Заряд и теплота

В цепи, изображённой на рисунке, в начальный момент ключ K_1 замкнут, ключ K_2 разомкнут, ток через батарею со временем не изменяется. Обозначенные на рисунке параметры равны: $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$, $R = r = 10 \text{ Ом}$, $L = 6 \text{ мГн}$, $C = 120 \text{ мкФ}$. В некоторый момент времени ключ K_2 замыкают и сразу же после этого (практически, мгновенно) размыкают ключ K_1 . Далее в цепи происходит переходный процесс и в результате заряд конденсатора перестаёт изменяться.



1. Какой заряд q_1 протекает через катушку индуктивностью L в переходном процессе? Ответ дайте в мкКл, округлите до целого.

2. Найдите количество теплоты Q , выделяющееся в цепи в процессе установления заряда конденсатора. Ответ дайте в мДж, округлите до целого.

Ответ

- 1) $q_1 = 900$ мкКл; 2) $Q \approx 7$ мДж (6,75 мДж).

7 Неупругие частицы

В невесомости вдали от других тел происходит столкновение двух частиц одинаковой массы, одна из которых до столкновения покоится. Известно, что в процессе столкновения суммарная внутренняя энергия частиц увеличивается на величину E_0 (энергия возбуждения).

1. Чему должно быть равно отношение $k = \frac{E}{E_0}$ кинетической энергии налетающей частицы к энергии возбуждения для того, чтобы после столкновения величина скорости налетающей частицы оказалась равна $\frac{1}{3}$ скорости до столкновения при этом направление скорости осталось бы таким же, как и до столкновения?

№	1	2	3	4	5	6
k	1,2	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5

2. Пусть кинетическая энергия налетающей частицы равна $3E_0$. Определите максимальный угол $\beta_{\max}$ между скоростями частиц после столкновения.

№	1	2	3	4	5	6
$\beta_{\max}$	15°	30°	45°	60°	75°	80°

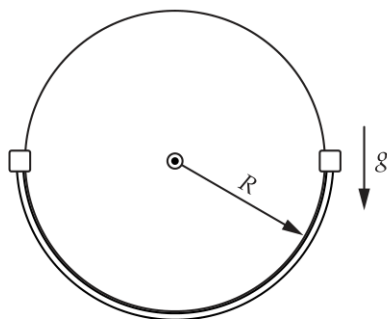
В каждом из пунктов в ответе на вопрос укажите номер столбца таблицы, в котором стоит значение, наиболее близкое к найденному вами.

Ответ

- 1) 5; 2) 4.

8 Колебания дуги

Диск радиусом $R = 10$ см пренебрежимо малой массы может вращаться без трения вокруг закреплённой горизонтальной оси. Однородная проволоочная дуга в виде полуокружности радиусом R , а также два одинаковых груза, суммарная масса которых равна массе дуги, закреплены на ободе диска (см. рисунок). Определите период колебаний диска вблизи положения равновесия. Ускорение свободного падения равно 10 м/с^2 , диаметр проволоки и размеры грузов пренебрежимо малы по сравнению с радиусом диска. Ответ дайте в секундах, округлите до десятых.

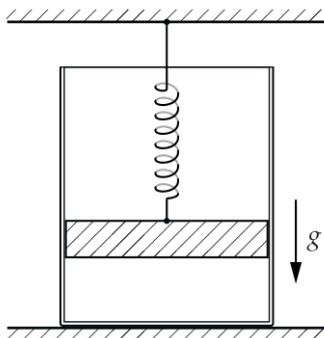


Ответ

$$T \approx 1,1 \text{ с.}$$

9 В цилиндре под поршнем на пружине

В вакууме на теплоизолирующей подставке установлен вертикальный теплоизолированный цилиндр, закрытый тяжёлым поршнем, подвешенным на пружине (см. рисунок). Поршень может скользить в цилиндре без трения. В случае если между дном цилиндра и поршнем газ отсутствует, поршень располагается в состоянии равновесия у дна цилиндра, при этом пружина растянута на длину $l_0 = 10 \text{ см}$.



Под поршень вводится порция одноатомного идеального газа при температуре $T_0 = 200 \text{ К}$, в результате поршень располагается на расстоянии l_0 от дна цилиндра.

Теплоёмкостью цилиндра и поршня можно пренебречь. Универсальная газовая постоянная R равна $8,3 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$.

1. К газу под поршнем медленно подводится такое количество теплоты, что поршень перемещается вверх на расстояние $\frac{l_0}{2}$. На сколько увеличивается температура газа под поршнем? Ответ дайте в градусах Кельвина, округлите до целого.
2. Найдите молярную теплоёмкость газа c в начальном состоянии. В ответе на вопрос укажите номер столбца таблицы, в котором стоит значение, наиболее близкое к найденному вами.

№	1	2	3	4	5	6
$c, \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$	8	13	15	17	21	25

Ответ

- 1) $\Delta T = 250 \text{ К}$; 2) 4.

10 Заряды сфер

Две проводящие концентрические сферы радиусами R и $3R$ заземлены. В пространстве между сферами на расстоянии $2R$ от их общего центра находится маленький шарик с зарядом q ($q > 0$).

1. Найдите отношение $k_a = \frac{|q_R^{(a)}|}{q}$ модуля заряда внутренней сферы к заряду шарика.
2. Внешнюю сферу подключили к положительному выводу батарейки с ЭДС $\mathcal{E} = \frac{q}{12\pi\epsilon_0 R}$.

Отрицательный вывод батарейки заземлили. Определите отношение $k_b = \frac{|q_{3R}^{(b)}|}{q}$ модуля заряда внешней сферы к заряду шарика в этом случае. Внутренняя сфера, как и в первом случае, остаётся заземлённой.

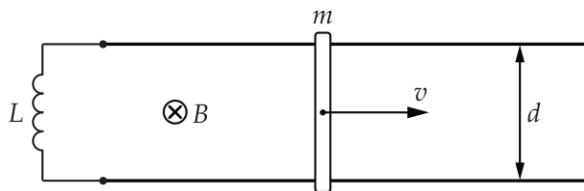
Ответы на вопросы задачи округлите до сотых.

Ответ

- 1) $k_a = 0,25$; 2) $k_b = 0,75$.

11 Замкнуты перемычкой и катушкой

Два длинных прямолинейных проводника располагаются в одной горизонтальной плоскости в вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ на расстоянии $d = 10 \text{ см}$ друг от друга. Концы проводников соединены с катушкой с индуктивностью $L = 0,1 \text{ Гн}$. На некотором расстоянии от катушки на проводниках лежит хорошо проводящая перемычка массой $m = 25 \text{ г}$. Перемычка располагается перпендикулярно проводникам и может скользить по ним, не испытывая трения (см. рисунок). В начальный момент времени перемычке сообщается скорость $v = 0,1 \text{ м/с}$ в направлении от катушки.



Пренебрегая активным сопротивлением перемычки, катушки и проводников, ответьте на следующие вопросы.

1. Через какое минимальное время скорость перемычки станет равна нулю? Ответ выразите в секундах, округлите до целого.
2. На каком расстоянии от начального положения будет находиться перемычка в момент, когда её скорость станет равна нулю? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целого.

Ответ

1) 8 с; 2) 50 см.

12 Зеркало за линзой

В тонкой линзе получено мнимое уменьшенное изображение небольшого предмета, лежащего на главной оптической оси на расстоянии $a = 10$ см от линзы. Увеличение изображения равно $\Gamma_0 = \frac{1}{2}$. Параллельно линзе на расстоянии $\frac{f}{2}$ от неё (f — абсолютная величина фокусного расстояния линзы) размещают плоское зеркало таким образом, что предмет и зеркало располагаются по разные стороны от линзы.

1. На каком расстоянии b от линзы находится изображение предмета в этой оптической системе? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целого.
2. Чему равно увеличение Γ_1 , с которым предмет изображается в этой оптической системе? Ответ округлите до десятых.

Ответ

1) $b = 6$ см; 2) $\Gamma_1 = 0,2$.