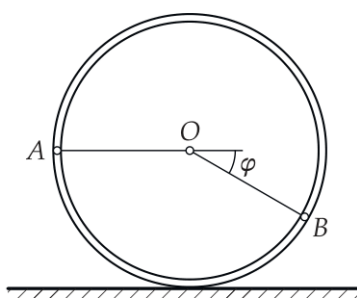


# МОШ, 2022/23, отборочный этап, 11 класс

## Условия

### 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.

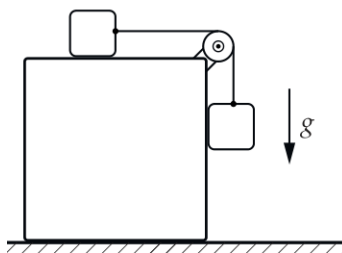


К задаче 1

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.

### 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  $\mu$ , удовлетворяющие условию.



К задаче 2

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

покое при движении маленьких кубиков:

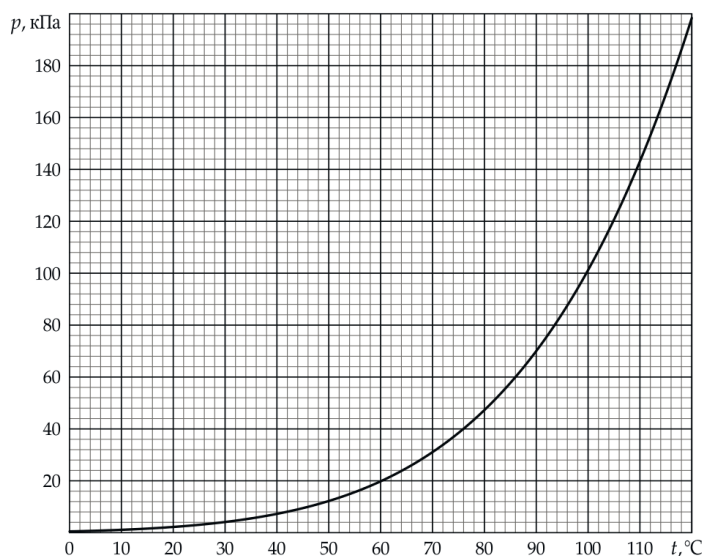
| №     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| $\mu$ | 0,08 | 0,15 | 0,22 | 0,29 | 0,35 | 0,50 |

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

| №     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| $\mu$ | 0,24 | 0,18 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | 0,03 |

### 3 Охлаждение влажного воздуха

В герметичном сосуде с жёсткими стенками находится влажный воздух при температуре 117 °С 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  $\varphi$  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  $0^\circ\text{C}$ ?

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

#### 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:  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$  и  $V_0 = 1 \text{ л}$  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?

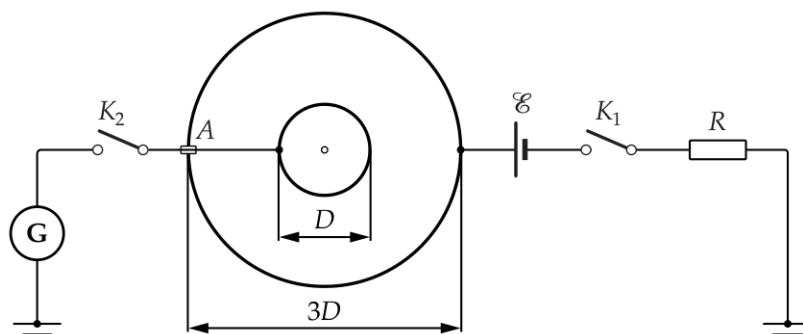
| №             | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $V, \text{л}$ | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |

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 |

#### 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.



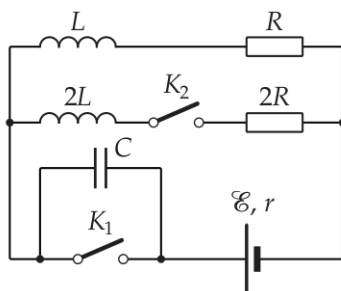
1. Какое количество теплоты выделится в цепи в процессе установления стационарного режима?

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  $K_2$ ?

## 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:  $\mathcal{E} = 10$  В,  $R = r = 10$  Ом,  $L = 6$  мГн,  $C = 120$  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.

## 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 |

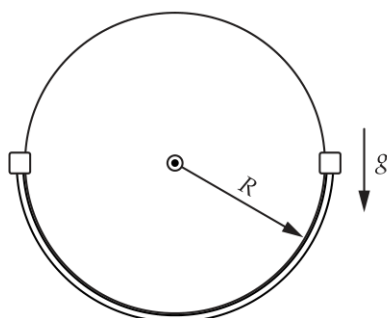
2. Пусть кинетическая энергия налетающей частицы равна  $3E_0$ . Определите максимальный угол  $\beta_{\max}$  между скоростями частиц после столкновения.

| №              | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $\beta_{\max}$ | $15^\circ$ | $30^\circ$ | $45^\circ$ | $60^\circ$ | $75^\circ$ | $80^\circ$ |

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

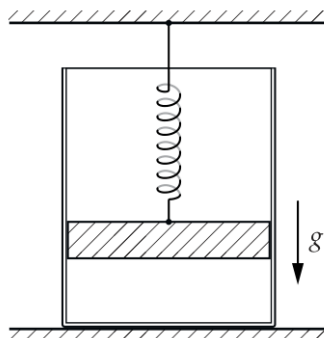
## 8 Колебания дуги

Диск радиусом  $R = 10$  см пренебрежимо малой массы может вращаться без трения вокруг закреплённой горизонтальной оси. Однородная проволочная 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  $10 \text{ м/с}^2$ , диаметр проволоки и размеры грузов пренебрежимо малы по сравнению с радиусом диска. Ответ дайте в секундах, округлите до десятых.



## 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  $l_0 = 10$  см.



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

Теплоёмкостью цилиндра и поршня можно пренебречь. Универсальная газовая постоянная  $R$  равна  $8,3$  Дж/(моль · 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  |
|---------------------|---|----|----|----|----|----|
| $c$ , Дж/(моль · К) | 8 | 13 | 15 | 17 | 21 | 25 |

## 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  $q$  ( $q > 0$ ).

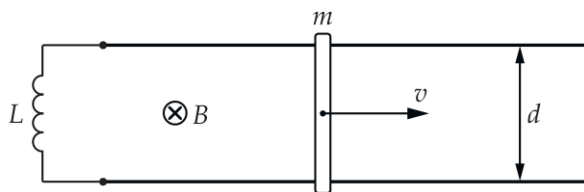
1. Найдите отношение  $k_a = \frac{|q_R^{(a)}|}{q}$  модуля заряда внутренней сферы к заряду шарика.
2. Внешнюю сферу подключили к положительному выводу батарейки с ЭДС  $\mathcal{E} = \frac{q}{12\pi\epsilon_0 R}$ .

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.

### 11 Замкнуты перемычкой и катушкой

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

### 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  $\Gamma_1$ , с которым предмет изображается в этой оптической системе? Ответ округлите до десятых.

Источник: Московская олимпиада школьников по физике, 2022/23, отборочный этап, 11 класс — условия (1), условия (2), решения (1), решения (2). Задачи перенабраны на botay.pro, решения — по официальным.