

Реальные задачи ЕГЭ

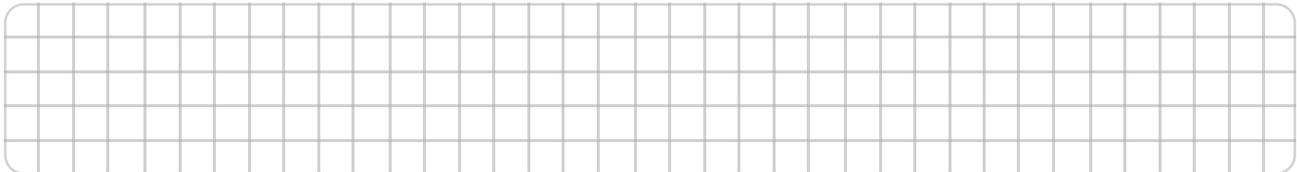
СОДЕРЖАНИЕ

Задача 1	2
Задача 2	5
Задача 3	7
Задача 4	10
Задача 5	13
Задача 6	17
Задача 7	19
Задача 8	23
Задача 9	26
Задача 10	30
Задача 11	31
Задача 12	34
Задача 13	36
Задача 14	39
Задача 15	43
Задача 16	48
Задача 17	51
Задача 18	55
Задача 19	60
Задача 20	61
Задача 21	64
Задача 22	74
Задача 23	79
Задача 24	86
Задача 25	92
Задача 26	101

Задача 3.2 #125763

Тело движется по прямой. Начальный импульс тела равен 64 кг·м/с. Под действием постоянной силы величиной 12 Н, направленной вдоль этой прямой, за 3 с импульс тела увеличился. Определите импульс тела в конце указанного промежутка времени. Ответ дайте в кг·м/с.

Дальний Восток



Решение

Применим второй закон Ньютона в импульсной форме:

$$F\Delta t = \Delta p$$

$$\Delta p = 12 \cdot 3 = 36 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Распишем:

$$\Delta p = p_2 - p_1$$

где p_1 - начальный импульс, p_2 - конечный импульс.

Найдем конечный импульс:

$$p_2 = p_1 + \Delta p = 64 + 36 = 100 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$



1,6 Н, сила трения – $F_{\text{тр}} = \mu mg$.

Равнодействующая сил равна:

$$F = F_{\text{т}} - F_{\text{тр}} = F_{\text{т}} - \mu mg$$

Тогда коэффициент трения:

$$\mu = \frac{F_{\text{т}} - F}{mg} = \frac{1,6 \text{ Н} - 0,2 \text{ Н}}{0,4 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг}} = 0,35$$

4) **Неверно**

Нет, скорость тела изменяется в процессе движения.

5) **Верно**

Кинетическая энергия равна:

$$E = \frac{mv^2}{2},$$

где v – скорость тела.

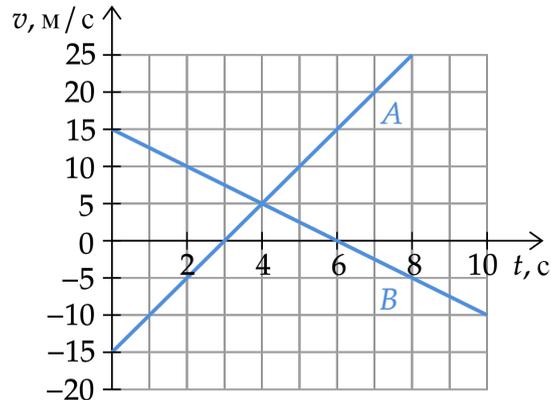
Тогда кинетическая энергия в момент $t = 3$ с:

$$E_3 = \frac{mv_3^2}{2} = \frac{0,4 \text{ кг} \cdot 2,25 \text{ (м/с)}^2}{2} = 0,45 \text{ Дж}$$



Задача 5.2 #13395

На рисунке изображены графики зависимости скорости от времени для двух тел: А и В. Они движутся только по одной прямой, вдоль которой направлена ось Ox . Выберите **все** верные утверждения о характере движения тел:



- 1) Путь, который прошло тело В за 8 с, равен 45 м.
- 2) Ускорение тела А в момент времени $t = 3$ с равно 4 м/с^2 .
- 3) За первые 6 с тело А переместилось на 0 м.
- 4) В момент времени 4 с тела встретились.
- 5) Оба тела движутся с постоянным ускорением.

Сибирь

Решение

1) **Неверно**

В графиках зависимости скорости от времени путь, который прошло тело, будет являться площадью между графиком и осью Ot . Тогда путь будет равен сумме площадей двух треугольников.

$$L = \frac{15 \text{ м/с} \cdot 6 \text{ с}}{2} + \frac{5 \text{ м/с} \cdot 2 \text{ с}}{2} = 50 \text{ м}$$

2) **Неверно**

График А – прямая, следовательно ускорение тела А постоянное.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



Возьмем начальный момент времени и $t = 3$ с. Тогда

$$a = \frac{0 \text{ м/с} - (-15) \text{ м/с}}{3 \text{ с}} = 5 \text{ м/с}^2$$

. 3) Верно

В графиках зависимости скорости от времени путь, который прошло тело, будет являться площадью между графиком и осью Ot . Тогда перемещение будет равно разности площадей двух треугольников, т. к. в промежутки времени от 0 с до 3 с и от 3 с до 6 с тело А имеет противоположные по знаку скорости.

$$S = \frac{15 \text{ м/с} \cdot 3 \text{ с}}{2} - \frac{15 \text{ м/с} \cdot 3 \text{ с}}{2} = 0 \text{ м}$$

4) Неверно

В данный момент времени скорости у тел были одинаковы, но это не значит что они встретились.

5) Верно

Графики скоростей тел – прямые, следовательно тела А и В движутся с постоянным ускорением.

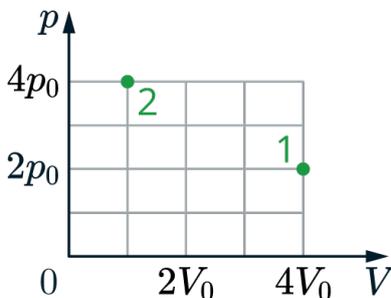


при этом сила реакции опоры равна силе нормального давления (по третьему закону Ньютона). Значит, величина постоянная (3)

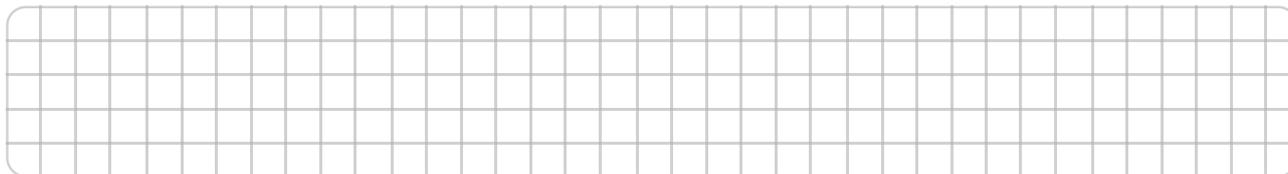


Задача 7.1 #121855

В сосуде под поршнем находится некоторое постоянное количество идеального газа. Во сколько раз уменьшится температура газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



Дальний Восток



Решение

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

где p — давление газа, V — объём, ν — количество вещества, R — универсальная газовая постоянная, T — абсолютная температура.

Тогда

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\frac{p_2 V_2}{\nu R}}{\frac{p_1 V_1}{\nu R}} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{4p_0 \cdot V_0}{2p_0 \cdot 4V_0} = \frac{1}{2},$$

т.е. температура уменьшится в 2 раз.

**Решение**

Так как масса газа остается по условию постоянной, мы можем утверждать, что в процессах А и Б количества вещества равны:

$$\nu_a = \frac{p_a V_a}{RT_a}$$

$$\nu_b = \frac{p_b V_b}{RT_b}$$

Приравняем:

$$\frac{p_a V_a}{RT_a} = \frac{p_b V_b}{RT_b}$$

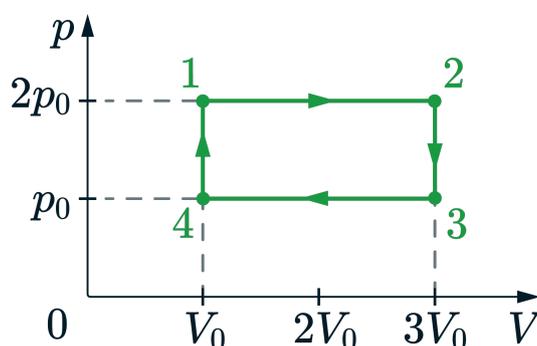
Выразим нужное нам давление:

$$p_b = \frac{p_a V_a T_b}{T_a V_b} = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$$



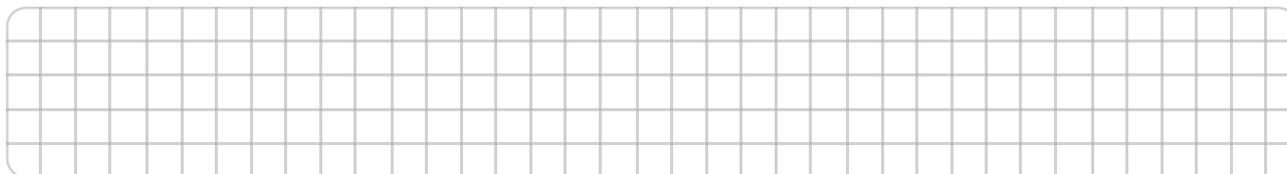
Задача 9.1 #125792

Один моль аргона является рабочим телом в тепловом двигателе, который работает по циклу, показанному на рисунке в переменных $p - V$ (p – давление аргона, V – его объём). Из приведенного ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие работу данного двигателя.



- 1) Аргон получает положительное количество теплоты от нагревателя в процессах 4-1 и 1-2.
- 2) Работа за цикл равна $3p_0V_0$.
- 3) В процессе 3-4 внутренняя энергия аргона увеличивается.
- 4) В процессе 2-3 аргон отдает холодильнику положительное количество теплоты.
- 5) Максимальная абсолютная температура аргона в цикле в 3 раза больше минимальной.

Дальний Восток



Решение

1) **Верно**

В процессе 4-1 увеличивается давление изохорно, а значит газ получает теплоту. В процессе 1-2 объём газа увеличивается при постоянном давлении, а значит, к газу подводят положительное количество теплоты.

2) **Неверно**

Работа газа за цикл равняется площади данного цикла и равна: $A = p_0 \cdot (3V_0 - V_0) = 2p_0V_0$

3) **Неверно**

В процессе 3-4 газ изобарически сжимают, значит при уменьшении объёма будет уменьшаться температура, внутренняя энергия зависит от температуры, при уменьшении температуры внутренняя энергия также уменьшается.

4) **Верно**



В процессе 2-3 объём аргона не изменяется, при этом давление уменьшается. При изохорном снижении давления температура будет уменьшаться, при этом работа газа равна 0. По первому закону термодинамики количество теплоты равняется изменению внутренней энергии. Так как температура понижается, то внутренняя энергия уменьшается, а значит $Q < 0$, т.е. газ отдает положительное количество теплоты.

5) Неверно

Из уравнение Менделеева-Клапейрона температура равна:

$$T = \frac{PV}{\nu R}$$

Максимальная температура это температура в точке 2, а минимальная - в точке 4

$$T_4 = \frac{p_0 V_0}{\nu R}$$

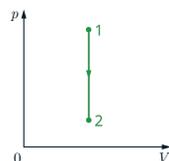
$$T_2 = \frac{2p_0 3V_0}{\nu R} = \frac{6p_0 V_0}{\nu R}$$

т.е. температуры отличаются в 6 раз, а не в 3



Задача 9.2 #125784

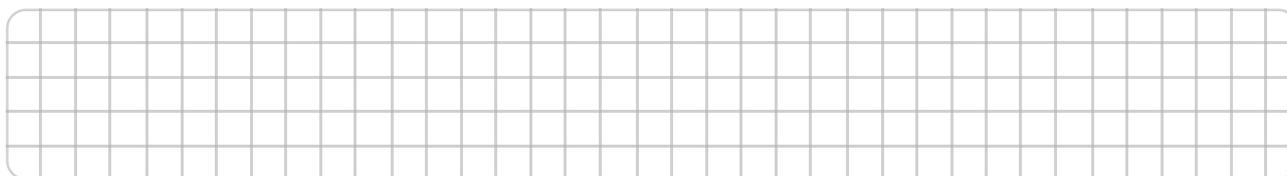
При переводе одноатомного идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление изохорно увеличивается (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.



Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения, характеризующих процесс 1-2.

- 1) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа остаётся неизменной.
- 2) Плотность газа уменьшается.
- 3) Абсолютная температура газа увеличивается.
- 4) Происходит изотермическое сжатие газа.
- 5) Среднеквадратическая скорость теплового движения молекул газа увеличивается.

Дальний Восток



Решение

1) **Неверно**

Запишем основное уравнение МКТ:

$$p = \frac{N}{V}kT$$

где N — количество молекул, T — температура в Кельвинах, p — давление газа.

Объём сохраняется, количество молекул остаётся неизменным, т.к. давление увеличивается, то температура тоже увеличивается. Среднеквадратичная энергия теплового движения молекул газа равна:

$$E_k = \frac{3}{2}kT$$

Т.к. температура увеличивается, то энергия тоже увеличивается.

5) **Неверно**



$$\rho = \frac{m}{V}$$

Объем в этом процессе не изменяется, масса не изменяется, следовательно, плотность не изменяется.

3) Верно

Из первого пункта следует, что абсолютная температура увеличивается.

4) Неверно

Неверно, т.к. процесс не изотермический.

5) Верно

Среднеквадратичная энергия теплового движения молекул газа связана с среднеквадратической скоростью теплового движения молекул по формуле:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Т.к. энергия увеличивается, то скорость увеличивается.

**Задача 12.2** #12768

Проволочная рамка площадью $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, перпендикулярной вектору магнитной индукции. Магнитный поток, пронизывающий площадь рамки, изменяется по закону $\Phi = 4 \cdot 10^{-6} \cos 10\pi t$, где все величины выражены в СИ. Чему равен модуль магнитной индукции? Ответ дайте в мТл.

Сибирь

Решение

Поток равен:

$$\Phi = BS,$$

где S - площадь рамки.

Откуда модуль магнитной индукции

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \text{ Вб}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2} = 2 \text{ мТл}$$



5) Верно

$$\text{Частота } \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 125 \text{ кГц}$$

**Задача 14.2** #16870

В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялась сила тока в контуре с течением времени.

t , мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I , А	0,0	2,2	3,0	2,2	0,0	-2,2	-3,0	-2,2	0,0	2,2

Выберите все верные утверждения о процессе, происходящем в контуре.

1. В момент $t = 1$ мкс напряжение на конденсаторе минимально.
2. Период колебаний энергии магнитного поля катушки равен $t = 4$ мкс.
3. Частота электромагнитных колебаний равна 25 кГц.
4. В момент $t = 2$ мкс заряд конденсатора минимален
5. В момент $t = 6$ мкс энергия магнитного поля катушки максимальна.

Дальний Восток

Решение

1) **Неверно**

Согласно закону сохранения энергии в цепи:

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2},$$

где L – индуктивность катушки, I_{max} – максимальная сила тока, I – сила тока в цепи, C – ёмкость конденсатора, U – напряжение на конденсаторе. То есть минимальность напряжения на конденсаторе будет при максимальном силе тока, а в момент $t = 1$ мкс сила тока не максимальна.

2) **Верно**

Сила тока имеет зависимость

$$I(t) = I_m \sin(\omega t),$$

где I_m – максимальная сила тока, ω – циклическая частота колебаний.

Циклическая частота равна

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

где T – период колебаний.

Для силы тока период колебаний равен $T_1 = 8$ мкс и $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$.



Энергия магнитного поля катушки:

$$W_L = \frac{LI^2(t)}{2} = \frac{LI_m^2 \sin^2(\omega_1 t)}{2} = \frac{LI_m^2}{4} (1 - \cos(2\omega_1 t))$$

Тогда

$$\omega_2 = 2\omega_1 \Rightarrow \frac{2\pi}{T_2} = \frac{4\pi}{T_1} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{2} = 4 \text{ мкс.}$$

3) Неверно

Частота $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 125 \text{ кГц}$

4) Верно

Согласно закону сохранения энергии в цепи:

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C},$$

где L – индуктивность катушки, I_{max} – максимальная сила тока, I – сила тока в цепи, C – ёмкость конденсатора, q – заряд на конденсаторе. То есть минимальный заряд соответствует максимальному модулю тока, а в момент $t = 2$ мкс модуль тока максимален

5) Верно

Энергия катушки магнитного поля:

$$W = \frac{LI^2}{2},$$

где L – индуктивность катушки, I – сила тока в катушке. То есть максимальная энергия соответствует максимальному модулю тока, а при $t = 6$ мкс модуль тока максимален.



Выразим радиус вращения

$$R = \frac{mv}{Bq}$$

Период обращения частицы:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{Bq},$$

Видим, что период обращения иона не зависит от скорости, а значит, и от кинетической энергии. Т.е. период не изменяется (3).



мощь квадратичная, а не модульная.

При этом энергия катушки:

$$W_L = \frac{LI^2}{2},$$

где L – индуктивность, I – сила тока.

Энергия конденсатора

$$W_C = \frac{CU^2}{2},$$

где C – ёмкость конденсатора, U – напряжение на нём.

Так как первоначально конденсатор заряжен, то напряжение на нем максимально, значит энергия магнитного поля минимальна А – 1.

Единственная величина, которая может быть отрицательной это заряд, значит, Б – 3.



Энергия перехода можно также найти по формуле:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

где ν – частота, λ – длина волны.

А) Поглощение – переход с более низкого уровня на более высокие, при этом так как длина волны минимальна, то

$$\frac{hc}{\lambda} = E_i - E_j,$$

энергия поглощенного фотона максимальна, значит, уровни должны находиться дальше друг от друга - этому условию соответствует переход $E_3 - E_0$ (3).

Б) Излучение – переход с более высокого уровня на более низкий, при этом так как длина волны максимальна, то

$$\frac{hc}{\lambda} = E_i - E_j,$$

энергия испускаемого фотона минимальна, значит, уровни должны находиться ближе друг к другу - этому условию соответствует переход $E_1 - E_0$ (1).



По второму постулату Бора энергия перехода равна:

$$E = E_i - E_j,$$

где E_i – энергия на начальном уровне, E_j – энергия на конечном уровне. Энергия перехода можно также найти по формуле:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (1)$$

где ν – частота, λ – длина волны.

А) Поглощение – переход с более низкого уровня на более высокие, при этом так как энергия минимальна из-за максимальной длины волны, то наиболее близких уровней, то есть 1.

Б) Излучение – переход от более высокого уровня, к более низкому, при этом энергия максимальна из-за минимальности длины волны, то есть расстояние между уровнями максимально. Ответ – 4.



для протекания тока.

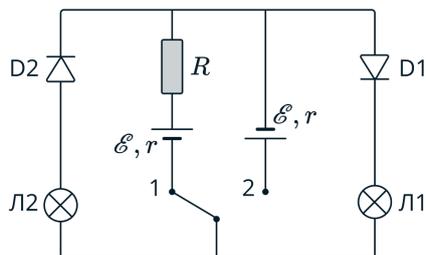
5) Верно

В нейтральном атоме число протонов (положительных частиц) равно числу электронов(отрицательных частиц).

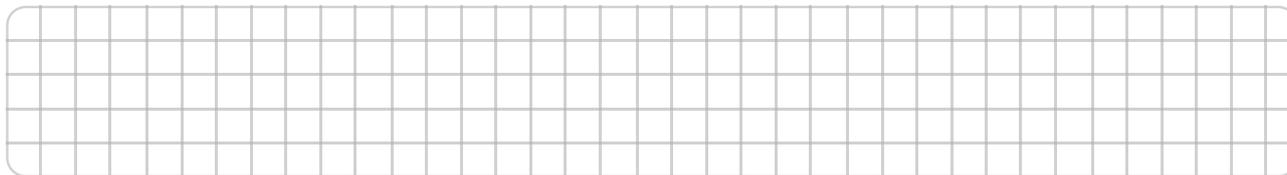


Задача 21.1 #117346

На рисунке изображена схема электрической цепи, состоящей из двух одинаковых источников ЭДС, ключа К, одинаковых ламп Л1 и Л2, резистора R и двух одинаковых идеальных диодов D1 и D2. Опираясь на законы электродинамики, объясните, какие изменения произойдут в работе этой цепи, если перевести ключ К из положения 1 в положение 2. Сравните накал ламп в этих двух случаях.



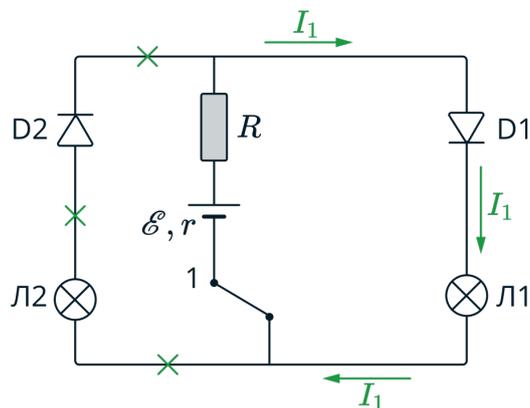
Дальний Восток



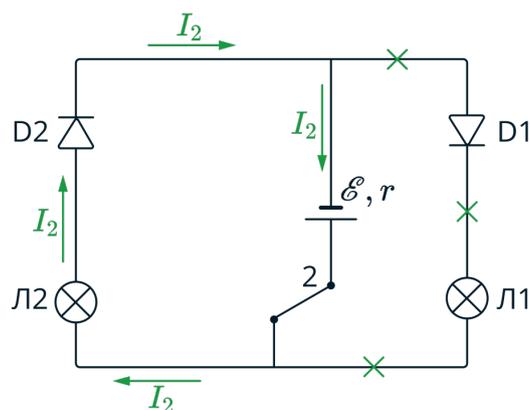
Решение

При переключении ключа из положения 1 в положение 2 лампа Л1 потухнет, а лампа Л2 загорится, причём лампа Л2 будет гореть ярче, чем перед этим горела лампа Л1.

1) Когда ключ находится в положении 1, цепь подключена к левому источнику ЭДС. Ветвь цепи, в которой находится правый источник ЭДС, разомкнута. Полярность подключения левого источника такова, что диод D2 оказывается включённым в цепь в обратном направлении, обладает бесконечно большим сопротивлением и не пропускает электрический ток. Значит, в левой ветви ток не протекает, и лампа Л2 не горит. С другой стороны, диод D1 в правой ветви включён в прямом направлении, обладает практически нулевым сопротивлением и пропускает электрический ток. Поэтому в правой ветви протекает электрический ток, и лампа Л1 горит.



2) Когда ключ переводят в положение 2, цепь подключается к правому источнику ЭДС, а ветвь цепи, в которой находится левый источник ЭДС, становится разомкнутой. Полярность подключения правого источника такова, что теперь диод D1 оказывается включённым в цепь в обратном направлении, а диод D2 – в прямом направлении. Поэтому в левой ветви начнёт протекать электрический ток, и лампа L2 загорится, а в правой ветви электрический ток протекать перестанет, и лампа L1 потухнет.



3) Следует также отметить, что в первом случае последовательно к лампе L1 будет включён резистор R, а значит, согласно закону Ома для полной цепи

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{л}} + R + r}$$

сила тока в цепи будет меньше, чем во втором случае

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{л}} + r}$$

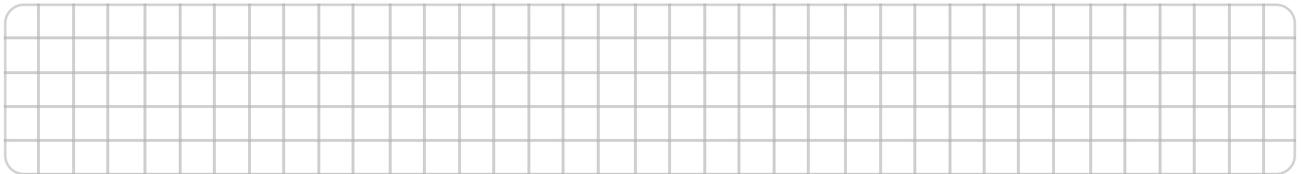
Значит, согласно формуле $N = I^2 R_{\text{л}}$ мощность, потребляемая лампой L2 во втором случае, будет больше, чем мощность, потребляемая лампой L1 в первом случае, и лампа L2 будет гореть ярче



Задача 21.2 #49121

Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещён над горизонтальной диэлектрической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится период малых колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.

Дальний Восток

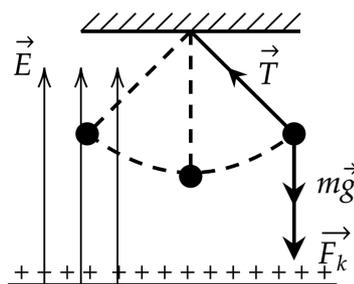


Решение

Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Первоначально шарик не заряжен и пластина не действует на шарик. По формуле периода находим период:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Так как пластина заряжена положительно, а шарик отрицательно, то шарик притягивается к пластине с электрической силой F .



Модуль электрической силы равен:

$$F = |q|E$$

I способ

В этом случае равнодействующая сил тяжести и электрической силы, которая будет определять период свободных колебаний маятника, равна по модулю $mg + |q|E > mg$. Возвращающая сила, действующая на шарик (касательная составляющая силы $m\vec{g} + q\vec{E}$), увеличится, шарик будет быстрее возвращаться



к положению равновесия, а значит, период свободных колебаний маятника уменьшится

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g + Eq/m}}$$

II способ

Пусть груз отвели на малый угол φ (см. рис.), тогда

$$\sin \varphi = \frac{x}{l},$$

где x – смещение по горизонтали, l – длина нити.

Запишем второй закон Ньютона для маятника:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T},$$

и спроецируем его на ось X :

$$ma_x = T_x.$$

Запишем второй закон Ньютона:

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a},$$

где a – ускорение тела.

Спроецируем на ось x :

$$T_x = ma_x$$

Если маятник занимает положение как на рисунке (т. е. $x > 0$), то:

$$T_x = -T \sin \varphi = -T \frac{x}{l}.$$

Если же маятник находится по другую сторону от положения равновесия (т. е. $x < 0$), то:

$$T_x = T \sin \varphi = -T \frac{x}{l}.$$

Итак, при любом положении маятника имеем:

$$ma_x = -T \frac{x}{l}$$

Когда маятник покоится в положении равновесия, выполнено равенство $T = mg + qE$. При малых колебаниях, когда отклонения маятника от положения равновесия малы (по сравнению с длиной нити), выполнено приближённое равенство $T \approx mg + qE$:

$$ma = -(mg + qE) \frac{x}{l} \Rightarrow a + \frac{g + qE/m}{l} x = 0$$



Откуда $\omega^2 = \frac{g + qE/m}{l}$ и период

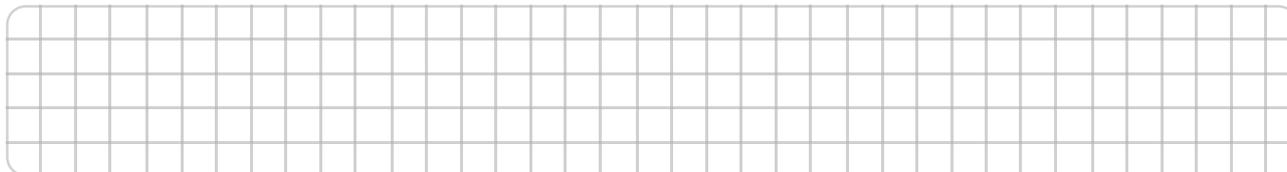
$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g + Eq/m}}$$



Задача 21.3 #125761

На длинной непроводящей нити висит незаряженный шарик. Под ним находится пластина, по которой распределен равномерно положительный заряд. Как изменится частота колебаний шарика, если ему сообщить положительный заряд. Считать длину пластины значительно больше, чем длина нити.

Дальний Восток

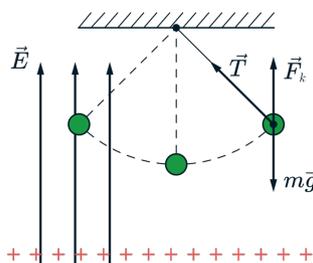


Решение

Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Первоначально шарик не заряжен и пластина не действует на шарик. По формуле периода находим период:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Так как и пластина, и шарик заряжены положительно, то шарик отталкивается от пластины с электрической силой F .



Модуль электрической силы равен:

$$F = |q|E$$

I способ

В этом случае равнодействующая сил тяжести и электрической силы, которая будет определять период свободных колебаний маятника, равна по модулю $mg - |q|E < mg$. Возвращающая сила, действующая на шарик (касательная составляющая силы $m\vec{g} - q\vec{E}$), уменьшится, шарик будет медленнее возвращаться к положению равновесия, а значит, период свободных колебаний ма-



ятника увеличится

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g - Eq/m}}$$

II способ

Пусть груз отвели на малый угол φ (см. рис.), тогда

$$\sin \varphi = \frac{x}{l},$$

где x – смещение по горизонтали, l – длина нити.

Запишем второй закон Ньютона для маятника:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T},$$

и спроецируем его на ось X :

$$ma_x = T_x.$$

Запишем второй закон Ньютона:

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a},$$

где a – ускорение тела.

Спроецируем на ось x :

$$T_x = ma_x$$

Если маятник занимает положение как на рисунке (т. е. $x > 0$), то:

$$T_x = -T \sin \varphi = -T \frac{x}{l}.$$

Если же маятник находится по другую сторону от положения равновесия (т. е. $x < 0$), то:

$$T_x = T \sin \varphi = -T \frac{x}{l}.$$

Итак, при любом положении маятника имеем:

$$ma_x = -T \frac{x}{l}$$

Когда маятник покоится в положении равновесия, выполнено равенство $T = mg - qE$. При малых колебаниях, когда отклонения маятника от положения равновесия малы (по сравнению с длиной нити), выполнено приближённое равенство $T \approx mg - qE$:

$$ma = -(mg - qE) \frac{x}{l} \Rightarrow a + \frac{g - qE/m}{l} x = 0$$



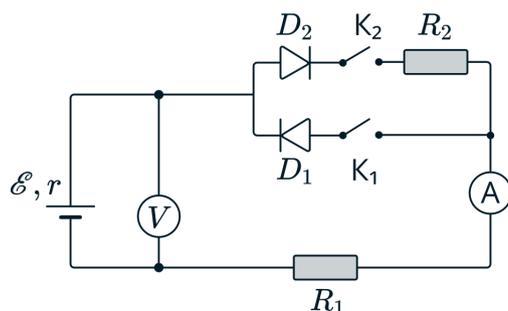
Откуда $\omega^2 = \frac{g - qE/m}{l}$ и период

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g - Eq/m}}$$

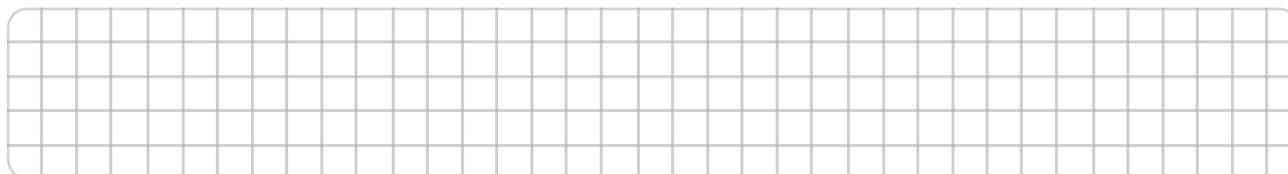


Задача 21.4 #125790

На рисунке изображена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, идеальных диодов (сопротивление диода при прямом подключении равно нулю, при обратном подключении ток через диод равен нулю), двух резисторов, идеальных амперметра и вольтметра. Длительный промежуток времени ключ K_2 замкнут, а ключ K_1 разомкнут. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как изменяются показания вольтметра и амперметра, если ключ K_2 разомкнуть, а ключ K_1 замкнуть.



Сибирь



Решение

Пока ключ K_2 замкнут, а K_1 разомкнут, диод D_2 ток пропускает (работает в прямом подключении), а диод D_1 не пропускает (подключен в обратном направлении). В таком случае резисторы 1 и 2 подключены последовательно, амперметр показывает общий ток в цепи, вольтметр показывает напряжение на внешней цепи.

Общее сопротивление в данном случае:

$$R_0 = R_1 + R_2$$

Показания амперметра найдем по закону Ома для полной цепи:

$$I_{A1} = \frac{\xi}{r + R_0} = \frac{\xi}{r + R_1 + R_2}$$

Показания вольтметра равны:

$$U_{V1} = I_{A1} \cdot R_0 = \frac{\xi(R_1 + R_2)}{r + R_1 + R_2}$$



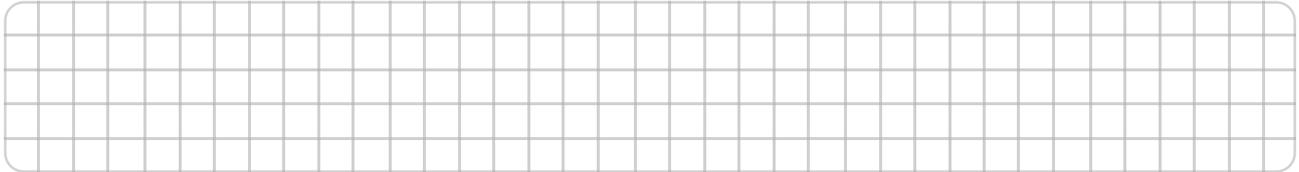
Когда ключ K_2 разомкнут, а ключ K_1 замкнут ток через R_2 не потечет, т.к. диод D_2 будет закрыт, а резистор R_2 подключен к нему последовательно. При этом диод D_1 подключен в обратном направлении и не пропускает ток, значит, ток через амперметр не потечет и его показания станут равны нулю. Вольтметр ток не пропускает, а значит в цепи тока нет, поэтому вольтметр покажет напряжение равное ЭДС ξ

Ответ: показания амперметра уменьшаться и станут равны 0, показания вольтметра увеличатся и будут равны ξ

**Задача 22.2 #125769**

Пластелиновый шарик массой 200 г и свинцовый брусок массой 1000 г движутся навстречу друг другу по гладкой горизонтальной поверхности с одинаковой по модулю скоростью v_0 . После абсолютно неупругого удара их общая скорость стала равна 0,4 м/с. Найдите первоначальную скорость этих тел v_0 .

Дальний Восток

**Решение**

Запишем закон сохранения импульса в проекции на ось OX :

$$Mv_0 - mv_0 = (m + M)v$$

$$v_0 = \frac{(m + M)v}{M - m}$$

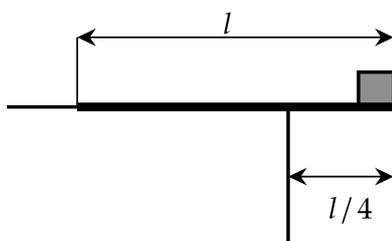
Откуда скорость равна:

$$v_0 = \frac{0,4 \cdot (200 + 1000)}{1000 - 200} = 0,6 \text{ м/с}$$

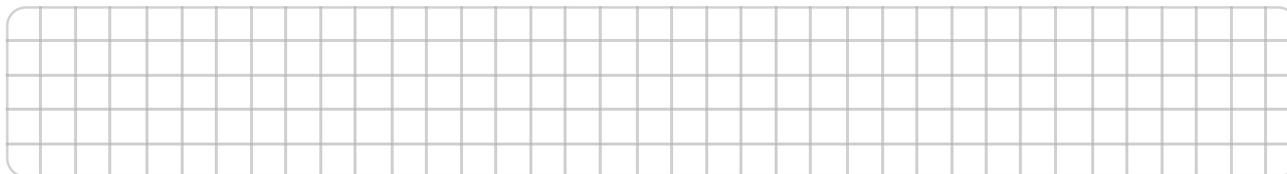


Задача 22.3 #102953

Деревянная линейка длиной $l = 60$ см выдвинута за край стола на $1/4$ часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на её правом конце лежит груз массой не более 250 г (см. рисунок). На какое расстояние можно выдвинуть вправо за край стола эту линейку, если на её правом конце лежит груз массой 125 г?

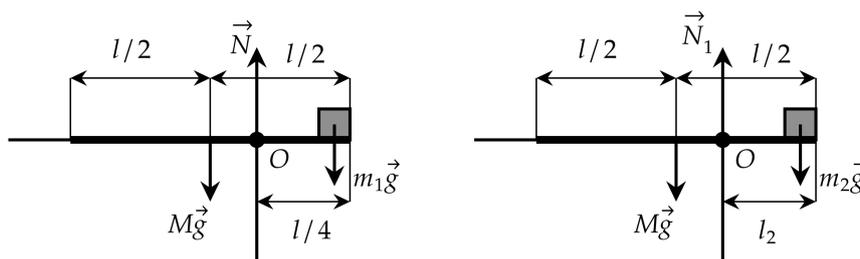


Дальний Восток



Решение

На линейку в обоих случаях действуют сила тяжести линейки, приложенная к ее середине, вес груза и сила реакции опоры стола.



Так как линейка в обоих случаях покоится, то можно записать правило моментов относительно точки O для первого случая:

$$Mg \cdot \frac{l}{4} = m_1g \cdot \frac{l}{4}, \Rightarrow M = m_1,$$

то есть масса линейки равна массе груза.

Во втором случае меняется длина выдвинутой части и она равна l_2 . Запишем



также правило моментов относительно точки O :

$$m_2 g l_2 = M g \left(\frac{l}{2} - l_2 \right) \Rightarrow l_2 = \frac{M l}{2(m_2 + M)}$$

С учётом, что $M = m_1$, максимальная масса равна:

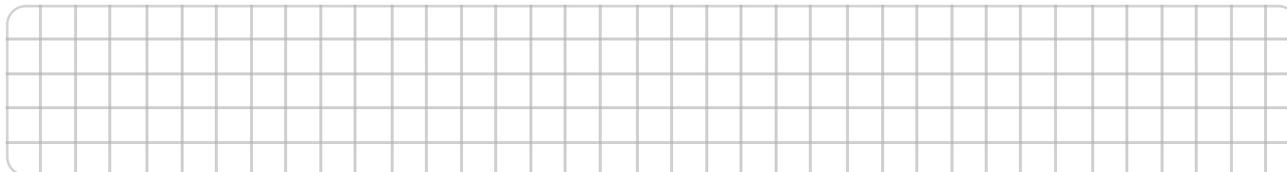
$$l_2 = \frac{m_1 l}{2(m_2 + m_1)} = \frac{0,25 \cdot 0,6}{2 \cdot 0,375} = 0,2 \text{ м} = 20 \text{ см.}$$



Задача 22.4 #102956

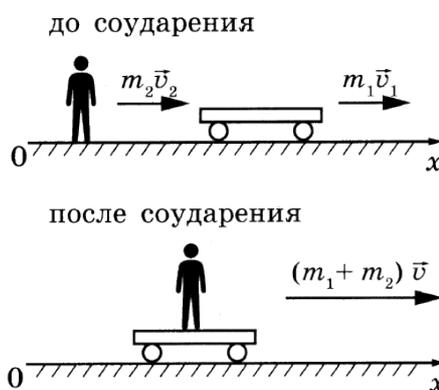
Тележка массой 50 кг движется со скоростью 1 м/с по гладкой горизонтальной дороге. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик массой 50 кг догонит тележку и запрыгнет на неё с горизонтальной скоростью 2 м/с относительно дороги?

Сибирь



Решение

Сделаем рисунок до соударения и после соударения.



Запишем закон сохранения импульса для системы тележка+мальчик:

$$m_2 \vec{v}_2 + m_1 \vec{v}_1 = (m_1 + m_2) \vec{v},$$

где m_1 и m_2 – масса тележки и мальчика соответственно, v_1 и v_2 – скорости тележки и мальчика до неупругого столкновения, v – скорость системы после соударения.

Спроецируем на ось x :

$$m_2 v_2 + m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v.$$

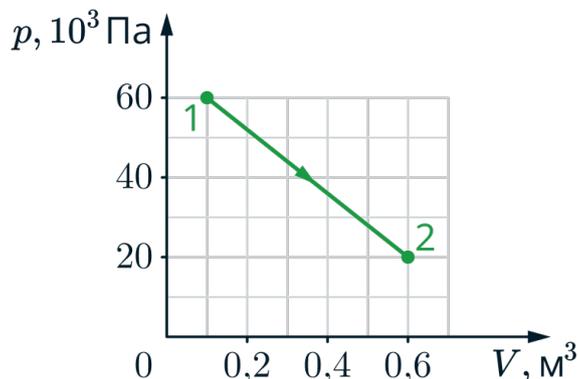
Отсюда

$$v = \frac{m_2 v_2 + m_1 v_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{50 \cdot 1 + 50 \cdot 2}{100} = 1,5 \text{ м/с.}$$

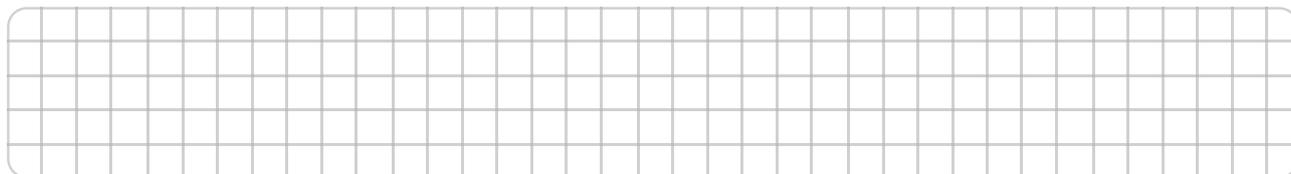


Задача 23.1 #119383

В результате перехода разреженного воздуха в сосуде из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок) температура воздуха повысилась в 2 раза. Кран у сосуда был закрыт неплотно, и сквозь него мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.



Дальний Восток



Решение

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для двух начала и конца опыта:

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

где p_i - давление газа в точке i , V_i - объем сосуда в точке i , ν_i - количество вещества в точке i , $R = 8,31$ Дж/(моль·К) - универсальная газовая постоянная, T_i - абсолютная температура в точке i .

Разделим одно уравнение на другое и выразим оттуда отношение $\frac{\nu_2}{\nu_1}$:

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{\nu_2 T_2}{\nu_1 T_1} \rightarrow \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1 T_2}$$

Количество вещества прямо пропорционально количеству молекул: $\nu = \frac{N}{N_A}$, где N - количество молекул, N_A - число Авогадро. Тогда:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1 T_2}$$



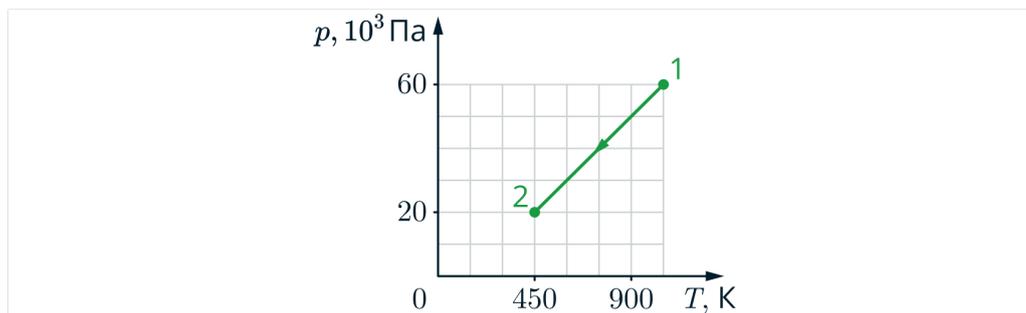
С учетом того, что $T_2 = 2T_1$:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 0,6}{60 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 2} = 1$$

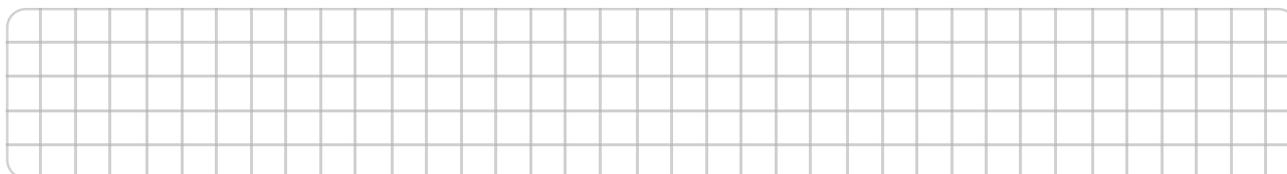


Задача 23.2 #125781

Известно, что в результате перехода разреженного воздуха в сосуде из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок) объем газа не изменился. Кран у сосуда был закрыт неплотно, и сквозь него мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.



Дальний Восток



Решение

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для двух начала и конца опыта:

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

где p_i - давление газа в точке i , V_i - объем сосуда в точке i , ν_i - количество вещества в точке i , $R = 8,31$ Дж/(моль·К) - универсальная газовая постоянная, T_i - абсолютная температура в точке i .

Разделим одно уравнение на другое и выразим оттуда отношение $\frac{\nu_2}{\nu_1}$:

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{\nu_2 T_2}{\nu_1 T_1} \rightarrow \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1 T_2}$$

Количество вещества прямо пропорционально количеству молекул: $\nu = \frac{N}{N_A}$, где N - количество молекул, N_A - число Авогадро. С учетом того, что объем не менялся ($V_1 = V_2$):

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2}$$



С учетом того, что $T_2 = 2T_1$:

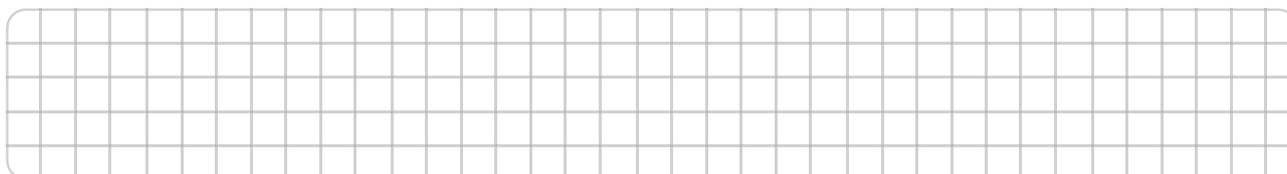
$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 900}{60 \cdot 10^3 \cdot 450} = \frac{2}{3}$$



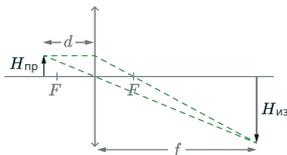
Задача 23.5 #78006

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.

Сибирь



Решение



Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

где d – расстояние от линзы до предмета, f – расстояние от линзы до изображения.

Увеличение равно:

$$\Gamma = \frac{H_{\text{из}}}{H_{\text{пр}}} = \frac{f}{d},$$

где $H_{\text{из}}$ – высота изображения, $H_{\text{пр}}$ – высота предмета.

Сделаем рисунок. Проведём луч, параллельно главной оптической оси, после преломления он должен пройти через фокус линзы (см. рис.). Также проведём луч через центр линзы, при этом он не преломляется (см. рис.).

По условию $\Gamma = 5$. Тогда

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} \Rightarrow d = \frac{F(\Gamma + 1)}{\Gamma}.$$

Подставим числа из условия

$$d = \frac{F(\Gamma + 1)}{\Gamma} = \frac{20 \text{ см}(5 + 1)}{5} = 24 \text{ см}.$$

**Задача 24.1 #14593**

В вертикальном цилиндре, закрытом лёгким поршнем, находится бензол (C_6H_6) при температуре кипения $t = 80^\circ C$. При сообщении бензолу количества теплоты Q часть его превращается в пар, который, при изобарном расширении, совершает работу A . Удельная теплота парообразования бензола $396 \cdot 10^3$ Дж/кг, его молярная масса $78 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Какая часть подведённого к бензолу количества теплоты переходит в работу? Объёмом жидкого бензола пренебречь.

Дальний Восток

Решение

Количество теплоты, полученное системой равно

$$Q = L\Delta m, \quad (1)$$

где Δm – масса образовавшегося пара.

Так как процесс испарения прошёл не до конца, то данный процесс происходит при постоянной температуре, а значит изменение внутренней энергии будет за счёт изменения массы пара

$$A = \frac{\Delta m}{M}RT, \quad (2)$$

где T – температура газа в Кельвинах.

Объединим (1), (2) и (3) и найдем отношение $\frac{A}{Q}$

$$\frac{A}{Q} = \frac{\frac{\Delta m}{M}RT}{L\Delta m} = \frac{RT}{LM} = \frac{8,31 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль}) \cdot 353 \text{ К}}{396 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot 78 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}} = 9,5\%$$


Задача 24.2 #125787

В вертикальном цилиндре, закрытом лёгким поршнем, находится ацетон при температуре кипения $t = 56^\circ\text{C}$. При сообщении ацетону количества теплоты Q часть его превращается в пар, который, при изобарном расширении, совершает работу A . Удельная теплота парообразования бензола 524 кДж/кг, его молярная масса $58 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Какая часть подведённого к ацетону количества теплоты переходит в работу? Объёмом жидкого ацетона пренебречь.

Дальний Восток

Решение

Количество теплоты, полученное системой равно

$$Q = L\Delta m, \quad (1)$$

где Δm – масса образовавшегося пара.

Так как процесс испарения прошёл не до конца, то данный процесс происходит при постоянной температуре, а значит изменение внутренней энергии будет за счёт изменения массы пара

$$A = \frac{\Delta m}{M}RT, \quad (2)$$

где T – температура газа в Кельвинах.

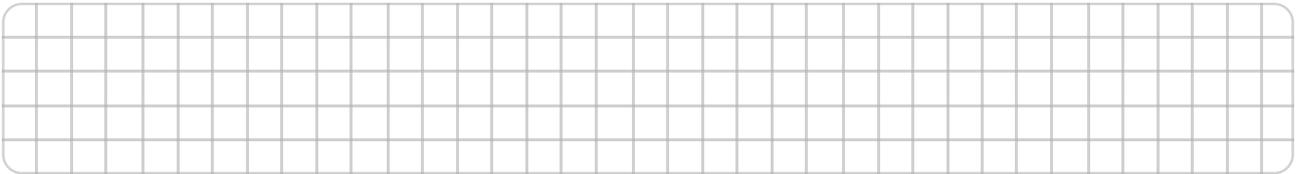
Объединим (1), (2) и (3) и найдем отношение $\frac{A}{Q}$

$$\frac{A}{Q} = \frac{\frac{\Delta m}{M}RT}{L\Delta m} = \frac{RT}{LM} = \frac{8,31 \text{ Дж}/(\text{К}\cdot\text{моль}) \cdot 524 \text{ К}}{396 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot 58 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}} \approx 0,19 \rightarrow 19\%$$

**Задача 24.3** #125791

В бутылке объемом 1 л находится гелий при нормальном атмосферном давлении. Горлышко бутылки площадью 2 см^2 заткнуто короткой пробкой, имеющей массу 20 г. Если бутылка лежит горизонтально, то для того, чтобы медленно вытащить пробку из ее горлышка, нужно приложить к пробке горизонтально направленную силу, равную 1 Н. Бутылку поставили на стол вертикально горлышком вверх. Какое минимальное количество теплоты нужно сообщить гелию в бутылке, чтобы он вытолкнул пробку из горлышка? Модуль силы трения, действующей на пробку, считать в обоих случаях одинаковым.

Сибирь

**Решение**

В результате сообщения теплоты гелий в бутылке нагрелся, и его давление повысилось до величины p_1 . Так как нагревание изохорное (объем бутылки фиксированный), то, в соответствии с первым законом термодинамики, сообщенное гелию количество теплоты пошло на увеличение его внутренней энергии:

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta p V = \frac{3}{2} (p_1 - p_0) \cdot V,$$

где p_0 – атмосферное давление; p_1 – давление гелия в сосуде после сообщения дополнительного количества теплоты.

Запишем второй закон Ньютона для горизонтального расположения бутылки:

$$F + p_1 S - F_{\text{тр}} - p_0 S = 0 \rightarrow F = p_0 S + F_{\text{тр}} - p_1 S,$$

где p_0 – атмосферное давление; p_1 – давление гелия в сосуде; S – площадь горлышка бутылки (она же площадь поперечного сечения пробки); F – горизонтально направленная сила, необходимая для вытягивания пробки; $F_{\text{тр}}$ – сила трения.

Поскольку гелий в бутылке находится при нормальном атмосферном давлении, то $p_0 = p_1$, тогда:

$$F = F_{\text{тр}}$$

При вертикальном положении бутылки пробка дополнительно удерживается силой тяжести, направленной вниз. Для выдавливания пробки из горлышка необходимо, чтобы сумма действующих на пробку в вертикальном на-



равлении сил стала равна:

$$p_1 S - p_0 S - mg - F_{\text{тр}} = 0 \rightarrow p_1 S - p_0 S - mg - F = 0$$

Отсюда:

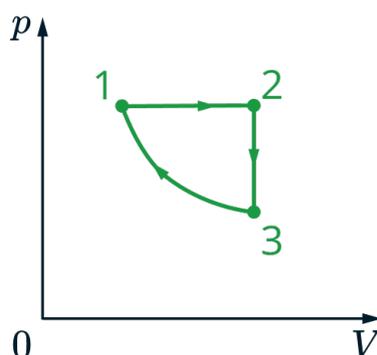
$$p_1 - p_0 = \frac{F + mg}{S} \rightarrow Q = \frac{3V(F + mg)}{2S}$$

Подставим числа:

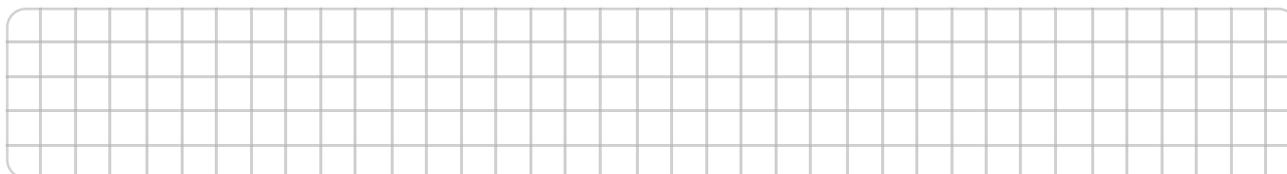
$$Q = \frac{3 \cdot 10^{-3}(1 + 0,02 \cdot 10)}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 9 \text{ Дж}$$

**Задача 24.4 #123010**

В качестве рабочего тела в тепловой машине используется идеальный одноатомный газ, который совершает циклический процесс, состоящий из изобарного нагревания ($1 \rightarrow 2$), изохорного охлаждения ($2 \rightarrow 3$) и адиабатного сжатия ($3 \rightarrow 1$). КПД этой тепловой машины $\eta = 20\%$. Найдите отношение работы A_{12} , совершённой газом в изобарном процессе, к работе A'_{31} , совершённой над газом при адиабатном сжатии.



Сибирь

**Решение**

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона

$$pV = \nu RT$$

По первому закону термодинамики количество теплоты, полученное телом в процессе 1–2 равно

$$Q = \Delta U + A,$$

где Q – количество теплоты, полученное системой, ΔU – изменение внутренней энергии системы, A – работа газа.

Или с учетом уравнения Менделеева-Клапейрона

$$Q_{12} = U_2 - U_1 + A = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_1) + p_1(V_2 - V_1)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}p_1(V_2 - V_1) + p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}A_{12}$$



Процесс 1-3 адиабатный, значит, работа газа равна

$$A_{13} = |\Delta U_{13}| = |U_3 - U_1|$$

КПД тепловой машины определяется как отношение полезной работы за цикл A_0 к количеству теплоты Q_+ , полученному от нагревателя: $\eta = \frac{A_0}{Q_+}$.

При изохорном охлаждении ($2 \rightarrow 3$) работа отсутствует ($A_{23} = 0$). При этом система отдает тепло: $Q_- = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_3)$.

Получается, что система получает тепло только в процессе $1 \rightarrow 2$: $Q_+ = Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$

Полезная работа за цикл: $A_0 = A_{12} - A'_{31}$.

КПД выражается как:

$$\eta = \frac{A_{12} - A'_{31}}{\frac{5}{2}A_{12}} = \frac{2}{5} \left(1 - \frac{A'_{31}}{A_{12}} \right) = 0.2$$

Откуда:

$$\frac{A'_{31}}{A_{12}} = 1 - 0.2 \cdot \frac{5}{2} = 0.5 \rightarrow \frac{A_{12}}{A'_{31}} = 2$$



НОСТИ:

$$F_l = ma_{ц.с.} \quad qvB = ma_{ц.с.} = \frac{mv^2}{R} \quad (2)$$

Выразим из (1) v

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

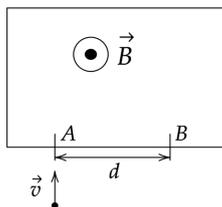
и подставим в (2)

$$B = \frac{mv}{qR} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{2mU}{q}} = \frac{1}{0,3 \text{ м}} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot 10^3 \text{ В}}{3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}} \approx 0,1 \text{ Тл}$$

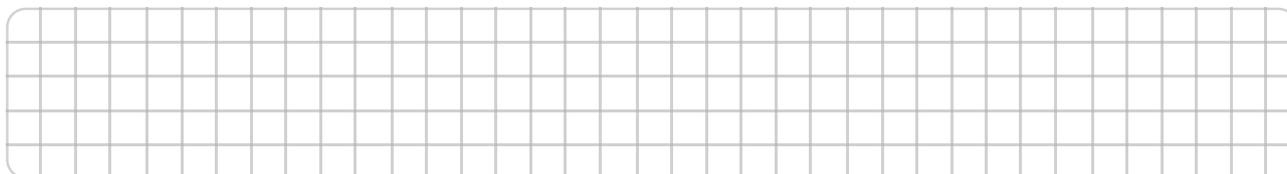


Задача 25.2 #125770

Пучок ионов попадает в камеру масс-спектрометра через отверстие в точке A со скоростью $v = 3 \cdot 10^4$ м/с, направленной перпендикулярно стенке AB . В камере создается однородное магнитное поле, линии вектора индукции которого перпендикулярны вектору скорости ионов. Двигаясь в этом поле, ионы попадают на мишень, расположенную в точке B на расстоянии 18 см от точки A (см. рисунок). Чему равна индукция магнитного поля B , если отношение массы иона к его заряду $\frac{m}{q} = 6 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл?



Дальний Восток



Решение

Так как частица залетит в точку A и вылетит в B , значит, частица совершит движение по полуокружности. Расстояние между точками A и B равно удвоенному радиусу. В магнитном поле на частицу действует сила Лоренца, равная $F_l = qvB \sin \alpha = qvB$, угол $\alpha = 90^\circ$, при этом движение будет осуществляться по дуге окружности с центростремительным ускорением:

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Магнитную индукцию можем найти из второго закона Ньютона:

$$F_l = ma \Leftrightarrow qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow B = \frac{mv}{qR}$$

При этом радиус равен $R = \frac{AB}{2} = \frac{0,18}{2} = 0,09$ м

Откуда магнитная индукция равна:

$$B = \frac{6 \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^4}{0,09} = 0,2 \text{ Тл}$$

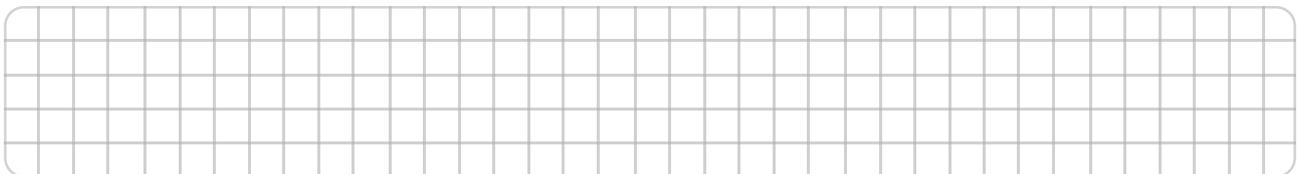


Задача 25.3 #125777

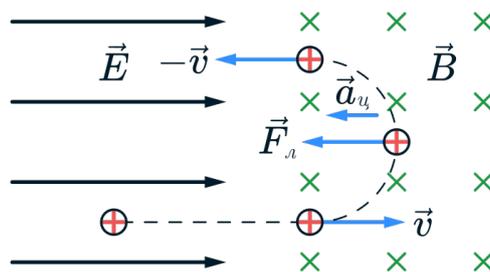
Изначально покоящаяся частица проходит через ускоряющую разность потенциалов $U = 5$ кВ. После она попадает в однородное магнитное поле $B = 2$ Тл, направленное перпендикулярно плоскости движения. Радиус траектории частицы в магнитном поле $R = 0,25$ м. Найдите отношение массы частицы к модулю её заряда.



Дальний Восток



Решение



При прохождении через ускоряющую разность потенциалов электрическое поле совершает работу над частицей, при этом частица приобретает кинетическую энергию:

$$A = E_{\text{кин}}$$

Здесь $A = qU$ - работа электрического поля, $E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$ - кинетическая энергия частицы в момент попадания в магнитное поле.

$$qU = \frac{mv^2}{2}$$



Откуда квадрат скорости равен:

$$v^2 = \frac{2qU}{m}$$

Скорость же равна:

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

В магнитном поле частица совершит движение по полуокружности с радиусом R .

В магнитном поле на частицу действует сила Лоренца, равная $F_l = qvB \sin \alpha = qvB$, угол $\alpha = 90^\circ$, при этом движение будет осуществляться по дуге окружности с центростремительным ускорением:

$$a = \frac{v^2}{R}$$

Запишем второй закон Ньютона:

$$F_l = ma \Leftrightarrow qvB = \frac{mv^2}{R}$$

Подставим квадрат скорости:

$$q\sqrt{\frac{2qU}{m}}B = \frac{m \cdot 2qU}{Rm}$$

Сократим величины и возведем в квадрат:

$$\frac{2qUB^2}{m} = \frac{4U^2}{R^2}$$

Откуда искомое отношение:

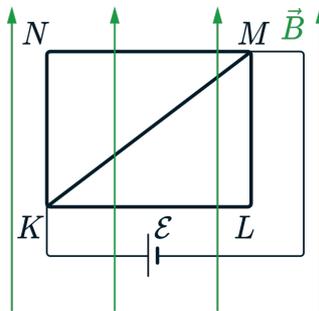
$$\frac{m}{q} = \frac{B^2 R^2}{2U}$$

$$\frac{m}{q} = \frac{2^2 \cdot 0,25^2}{2 \cdot 5 \cdot 10^3} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ кг/Кл}$$

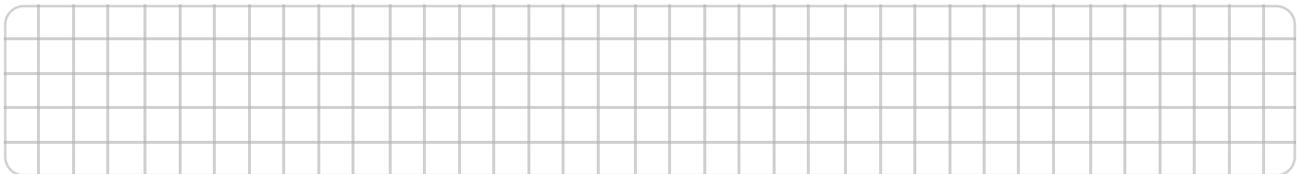


Задача 25.4 #14680

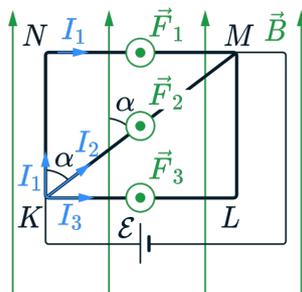
Из медной проволоки с удельным сопротивлением $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м и площадью поперечного сечения $S = 0,2$ мм² изготовлен прямоугольный контур KLMN с диагональю KM (см. рисунок). Стороны прямоугольника $KL = l_1 = 20$ см и $LM = l_2 = 15$ см. Контур подключили за диагональ к источнику постоянного напряжения с ЭДС $\mathcal{E} = 1,4$ В и поместили в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1$ Тл, параллельной сторонам KN и LM . С какой результирующей силой магнитное поле действует на контур? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на контур. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Сибирь



Решение



1) При подключении контура к источнику напряжения по его сторонам и диагонали потекут токи I_1 , I_2 и I_3 (см. рисунок). Проводники KNM, KLM и KM соединены параллельно, следовательно, сопротивления соответствующих проводников.

$$I_1 = I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R_1},$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2},$$



где $R_1 = \rho \frac{l_1 + l_2}{S}$, $R_2 = \rho \frac{l}{S}$, $l = KM = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}$ – сопротивления соответствующих проводников.

2) Со стороны магнитного поля на проводники KL и NM , перпендикулярные индукции магнитного поля, а также на диагональ KM действуют силы Ампера: $F_1 = F_3 = I_1 B l_1$ и $F_2 = I_2 B l \sin \alpha$. По правилу левой руки силы Ампера параллельны друг другу и направлены к наблюдателю, на проводники KN и ML сила Ампера не действует. Таким образом, результирующая сила

$$F = 2F_1 + F_2$$

Выполняя преобразования, получим

$$F_1 = \frac{B \mathcal{E} S l_1}{\rho(l_1 + l_2)} \quad F_2 = \frac{B \mathcal{E} S l_1}{\rho \sqrt{l_1^2 + l_2^2}}$$

В итоге

$$F = 2 \frac{B \mathcal{E} S l_1}{\rho(l_1 + l_2)} + \frac{B \mathcal{E} S l_1}{\rho \sqrt{l_1^2 + l_2^2}} = \frac{B \mathcal{E} S l_1}{\rho} \left(\frac{2}{l_1 + l_2} + \frac{1}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}} \right)$$

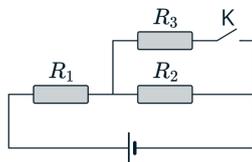
Подставим числа из условия

$$F = \frac{0,1 \text{ Тл} \cdot 1,4 \text{ В} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 0,2 \text{ м}}{1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}} \left(\frac{2}{0,2 \text{ м} + 0,15 \text{ м}} + \frac{1}{\sqrt{0,2^2 \text{ м}^2 + 0,15^2 \text{ м}^2}} \right) = 3,2 \text{ Н}$$

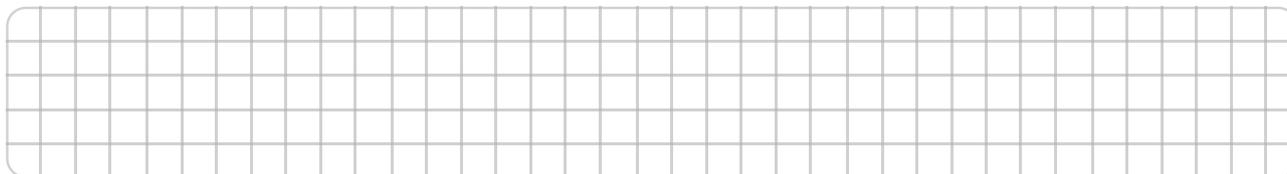


Задача 25.5 #12288

В цепи изображённой на рисунке $R_1 = R_2 = R_3 = 3 \text{ Ом}$, $r = 0,5 \text{ Ом}$. В начальный момент ключ К замкнут. Во сколько раз уменьшится мощность, выделяемая на R_1 после размыкания ключа?



Сибирь



Решение

Сила тока по закону Ома для полной цепи равна:

$$I = \frac{\xi}{R_0 + r},$$

где R_0 – сопротивление цепи.

При замкнутом ключе в цепь включены три резистора, при этом R_2 и R_3 подключены параллельно, а R_1 – последовательно к ним. При разомкнутом ключе ток через R_3 не течет, следовательно, цепь представляет собой два последовательных резистора R_1 и R_2 . Общее сопротивление в первом и во втором случаях равно:

$$R_{01} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 4,5 \text{ Ом}$$

$$R_{02} = R_1 + R_2 = 6 \text{ Ом}$$

здесь

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

сопротивление участка цепи, состоящего из соединенных параллельно резисторов R_2 и R_3

Мощность, выделяемая на резисторе, определяется формулой:

$$P = I^2 R$$



То есть отношение мощностей:

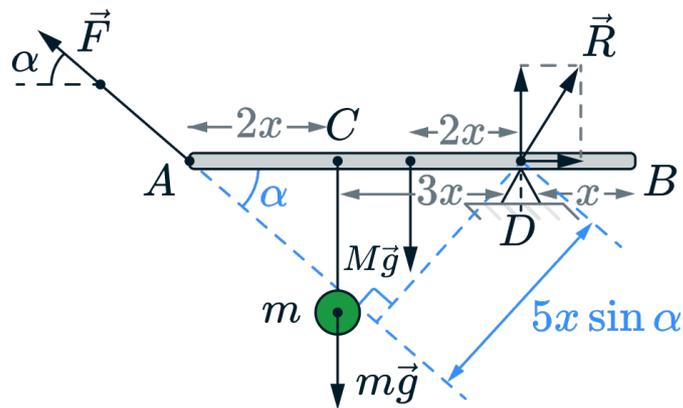
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1^2}{I_2^2} = \left(\frac{R_{02} + r}{R_{01} + r} \right)^2 = \left(\frac{6 \text{ Ом} + 0,5 \text{ Ом}}{4,5 \text{ Ом} + 0,5 \text{ Ом}} \right)^2 = 1,69$$



3. Поскольку вращательное движение отсутствует, сумма моментов всех сил относительно любой точки равна нулю (условие отсутствия вращательного движения)
4. Нить, которой диск прикреплен к стержню, невесома, поэтому сила натяжения нити одинакова по всей ее длине
5. Диск массой m будем рассматривать моделью материальной точки, так как его размерами в условиях данной задачи можно пренебречь
6. Нить, связывающая динамометр и стержень, невесома, поэтому сила натяжения нити в каждой её точке одинакова. Её значение численно равно показаниям динамометра

Решение

Нарисуем схематически условие задачи с расстановкой всех сил, действующих на систему.



где F - сила, с которой действуют на динамометр, $M\vec{g}$ - сила тяжести, действующая на рычаг, R - сила реакции опоры, $m\vec{g}$ - сила тяжести, действующая на диск. Рассмотрим вращение относительно точки D . Запишем уравнение моментов.

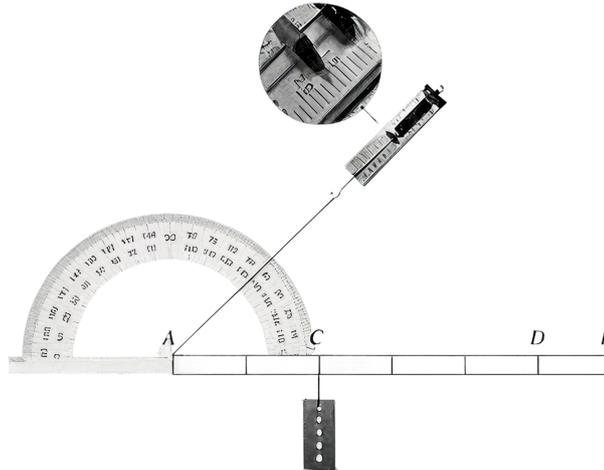
$$Mg \cdot 2x + mg \cdot 3x - F \cdot 5x \cdot \sin\alpha = 0,$$

$$M = \frac{5F \sin\alpha - 3mg}{2g} = \frac{5 \cdot 3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 3 \cdot 0,25 \cdot 10}{2 \cdot 10} = 0,16 \text{ кг.}$$



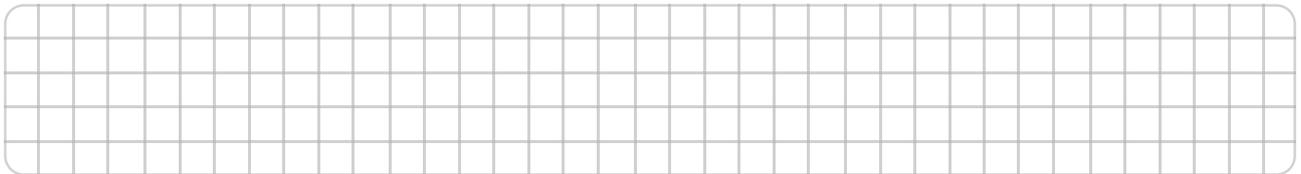
Задача 26.2 #125771

К рычагу AB массой 40 г подвешена металлическая пластинка. К одному концу этого рычага в точке A привязана нить, которой удерживают рычаг в горизонтальном положении. Рычаг закреплен в точке D . Определите массу пластинки.



Сделайте рисунок, на котором укажите все силы, действующие на рычаг и диск. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**

Дальний Восток



Решение

Обоснование

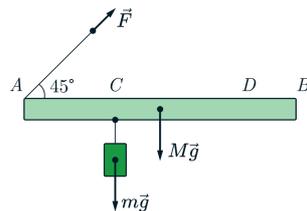
1. Введем инерциальную систему отсчета (ИСО), связанную с Землей
2. Стержень будем считать абсолютно твёрдым телом - его форма и размеры неизменны, расстояния между любыми двумя точками остаются неизменными. Движение абсолютно твердого тела можно описать совокупностью поступательного и вращательного движений. Поскольку стержень однородный, то сила тяжести приложена к его геометрическому центру
3. Поскольку вращательное движение отсутствует, сумма моментов всех сил относительно любой точки равна нулю (условие отсутствия вращательного движения)
4. Нить, которой диск прикреплен к стержню, невесома, поэтому сила натяжения нити одинакова по всей ее длине



- 5.** Диск массой m будем рассматривать модель материальной точки, так как его размерами в условиях данной задачи можно пренебречь
- 6.** Нить, связывающая динамометр и стержень, невесома, поэтому сила натяжения нити в каждой её точке одинакова. Её значение численно равно показаниям динамометра

Решение

Нарисуем схематически условие задачи с расстановкой всех сил, действующих на систему.



где F - сила, с которой действуют на динамометр, $M\vec{g}$ - сила тяжести, действующая на рычаг, R - сила реакции опоры, $m\vec{g}$ - сила тяжести, действующая на диск. Рассмотрим вращение относительно точки D . Запишем уравнение моментов относительно точки D .

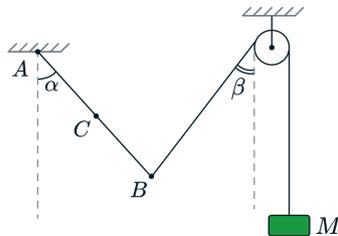
$$Mg \cdot 2x + mg \cdot 3x - F \cdot 5x \cdot \sin 45^\circ = 0,$$

$$m = \frac{5F \sin 45^\circ - 2Mg}{3g} = \frac{5 \cdot 1,6 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 2 \cdot 0,04 \cdot 10}{3 \cdot 10} = 0,16 \text{ кг.}$$

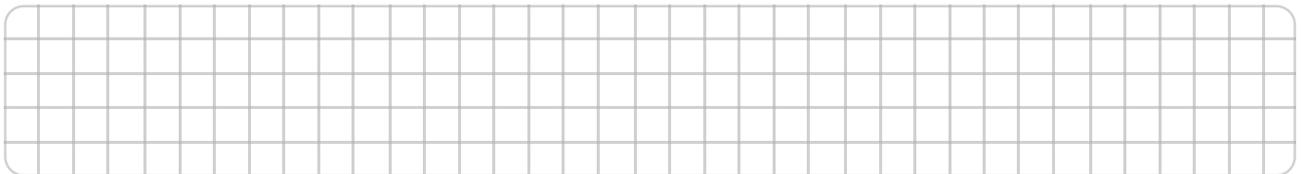


Задача 26.3 #18430

Невесомый стержень AB с двумя малыми грузиками массами $m_1 = 200$ г и $m_2 = 100$ г, расположенными в точках C и B соответственно, шарнирно закреплён в точке A . Груз массой $M = 100$ г подвешен к невесомому блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии, если стержень отклонён от вертикали на угол $\alpha = 30^\circ$, а нить составляет угол с вертикалью, равный $\beta = 30^\circ$. Расстояние $AC = b = 25$ см. Определите длину l стержня AB . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз M и стержень. Какие законы Вы используете для решения задачи? Обоснуйте их применение.



Сибирь



Решение

Обоснование

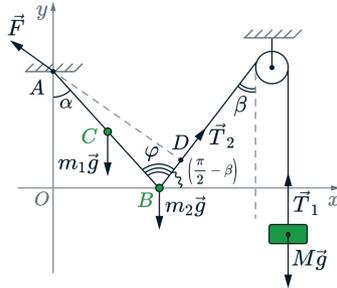
1. Введем инерциальную систему отсчета (ИСО), связанную с Землей.
2. Грузы будем описывать моделью материальной точки, так как их движение поступательное и в данной задаче размерами тел можно пренебречь.
3. Стержень AC будем считать абсолютно твёрдым телом - его форма и размеры неизменны, расстояние между любыми двумя точками остается неизменным. Движение абсолютно твердого тела можно описать совокупностью движений - поступательного и вращательного. Поэтому для равновесия твердого тела в ИСО необходимо два условия. Одно для поступательного движения, другое - для вращательного движения.
4. Сумма всех приложенных к твёрдому телу внешних сил равна нулю (условие отсутствия поступательного движения). Также применимо правило моментов (условие отсутствия вращательного движения)
5. Нить нерастяжима, поэтому если покоится груз, то покоится и стержень.
6. Груз находится в покое (поступательное движение отсутствует), следовательно, сумма сил, действующих на него, равна нулю.



7. Нить невесома, блок идеален (масса блока пренебрежимо мала, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

Решение

Сделаем рисунок с указанием всех сил



Из рисунка можно найти угол φ . Угол ABO равен $\frac{\pi}{2} - \alpha$, тогда $\varphi = \pi - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) - \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \alpha + \beta$

Так как нить нерастяжимая $T_1 = T_2$.

Из второго закона Ньютона, записанного для груза M в проекции на вертикальную ось:

$$T_2 - Mg = 0 \rightarrow T_2 = Mg$$

Момент силы можно найти по формуле: $M = Fl$, где F - сила, а l - её плечо до рассматриваемой оси вращения.

Запишем правило моментов относительно точки A . В точке C действует сила тяжести m_1g , в точке B действует сила тяжести m_2g и сила натяжения нити, равная Mg . Моменты сил тяжестей направлены по часовой стрелке, а момент силы натяжения нити - против часовой стрелки:

$$-m_1g \cdot AC \sin \alpha - m_2g \cdot AB \sin \alpha + Mg \cdot AB \sin(\alpha + \beta) = 0$$

Отсюда

$$-m_1g \cdot b \sin \alpha - m_2g \cdot l \sin \alpha + Mg \cdot l \sin(\alpha + \beta) = 0$$

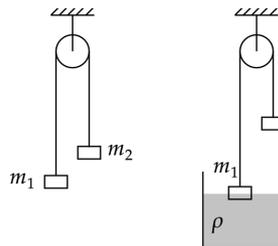
Откуда l

$$l = \frac{m_1g \sin \alpha \cdot b}{Mg \sin(\alpha + \beta) - m_2g \sin \alpha} = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot \sin 30^\circ \cdot 25 \text{ см}}{0,1 \text{ кг} \cdot \sin 60^\circ - 0,1 \text{ кг} \cdot \sin 30^\circ} \approx 68,3 \text{ см}$$

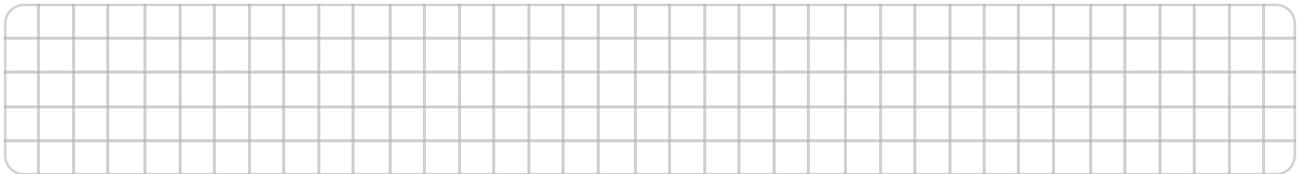


Задача 26.4 #92502

Два тела подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первое тело массой m_1 движется из состояния покоя вниз с ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$. Если первое тело опустить в воду с плотностью $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, находящуюся в большом объеме, система будет находиться в равновесии. При этом объем погружённой в воду части тела равен $V = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$. Сделайте рисунки с указанием сил. Определите массу первого тела m_1 . Какие законы Вы используете для решения задачи? Обоснуйте их применение.



Сибирь



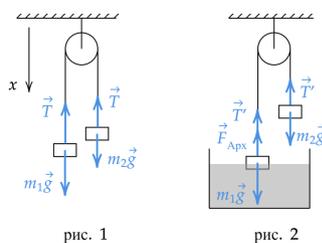
Решение

Обоснование

1. Введем инерциальную систему отсчета (ИСО) связанную с Землей.
2. Описываем тела моделью абсолютно твердого тела, так как тела имеют постоянные размеры и форму.
3. На тело, погруженное в жидкость, действует сила Архимеда, приложенная к центру масс погруженной части и направленная вертикально вверх

Решение

1. Сделаем рисунки с расставлением всех сил



2. Так как нить нерастяжима и невесома, то сила натяжения нить повсюду одинакова. Кроме того, из кинематической связи имеем, что ускорение пер-



вого груза совпадает с ускорением второго (в первом случае), тогда в проекциях на ось x второй закон Ньютона примет вид

$$\begin{cases} m_1g - T = m_1a \\ m_2g - T = -m_2a \end{cases}$$

Сложим 2 уравнения и выразим массу второго груза

$$m_2 = \frac{m_1(g - a)}{g + a}$$

3. Запишем второй закон Ньютона для второго случая

$$\begin{cases} m_1g - T' - F_{\text{арх}} = 0 \\ m_2g - T' = 0 \end{cases}$$

Сложим уравнения системы, выразив ускорение, с учетом того, что сила Архимеда равна $F_{\text{арх}} = \rho g V$, а масса второго груза $m_2 = \frac{m_1(g - a)}{g + a}$.

$$m_1 = g \cdot \frac{m_1(g - a)}{g + a} + \rho g V$$

Выразим искомую массу:

$$m_1 = \frac{\rho V(g + a)}{2a} = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 12}{2 \cdot 2} = 0,45 \text{ кг}$$



Выразим начальную скорость гранаты из второго уравнения.

$$v_0 = \frac{v_1 - v_2}{2}$$

Подставим в первое уравнение системы

$$\frac{2m(v_1 - v_2)^2}{4 \cdot 2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

Выразим изменение кинетической энергии за счет взрыва

$$\Delta E = \frac{m(2v_1^2 + 2v_2^2 - v_1^2 + 2v_1v_2 - v_2^2)}{4} = \frac{m(v_1 + v_2)^2}{4} = \frac{4 \text{ кг}(10 \text{ м/с} + 5 \text{ м/с})^2}{4} = 225 \text{ Дж}$$