

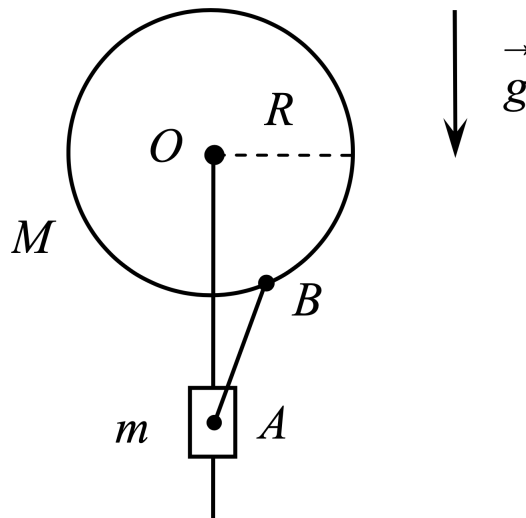
Олимпиада «Курчатов» по физике

11 класс, 2023 год

1. Возбуждённое ядро N_1^* сталкивается с первоначально покоящимся ядром N_2 и переходит в невозбуждённое состояние: $N_1^* + N_2 \rightarrow N_1 + N_2$. При этом внутренняя энергия ядра N_1 уменьшается на положительную величину ΔE . Максимально возможное значение угла между импульсами ядер N_1^* и N_1 , совместимое с законами сохранения импульса и энергии, равно $\vartheta = 45^\circ$. Отношение масс ядер N_1 и N_2 равно $n = m_1/m_2 = 4$. Найдите отношение x величины ΔE к начальной кинетической энергии K_0 ядра N_1^* : $x = \Delta E/K_0$.

$$\gamma' \Gamma = \frac{1+u}{1-\frac{u}{c} \frac{u}{c} \cos \vartheta} = x$$

2. Груз массой $m = 10$ г может скользить по неподвижному вертикальному стержню. На верхнем конце стержня, в точке O , закреплена горизонтальная ось, вокруг которой может вращаться тонкий обруч с невесомыми спицами. Масса обруча $M = 90$ г равномерно распределена по его длине, радиус обруча $R = 20$ см. Обруч и груз соединены невесомым жёстким стержнем AB , который может свободно поворачиваться вокруг точек крепления A и B . Длина стержня $L = AB = 16$ см. В положении равновесия обруч расположен так, что стержень AB вертикален. Найдите период T колебаний системы, возникающих при малых отклонениях обруча от этого положения. Груз считайте материальной точкой, трение не учитывайте. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

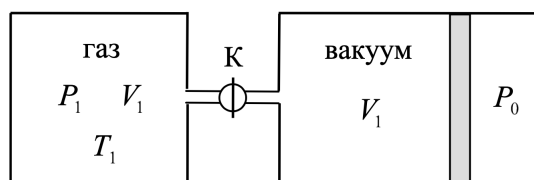


$$\gamma' \Gamma = \frac{(1+M)g u}{T M \dot{\varphi}} \sqrt{L} \varphi_2 = L$$

3. Сосуд постоянного объёма $V_1 = 2,5$ л соединён с длинным горизонтальным цилиндром короткой трубкой с краном К. Правый торец цилиндра открыт в окружающую среду, давление которой $P_0 = 10$ кПа постоянно. В цилиндре может свободно двигаться поршень площадью $S = 100$ см². В начальном состоянии 1 кран закрыт и в сосуде находится идеальный одноатомный газ при температуре $T_1 = 300$ К и давлении $P_1 = 50$ кПа. При этом поршень закреплён и область цилиндра, лежащая слева от поршня, откачана до глубокого вакуума. Объём этой области также равен V_1 . Кран открывают, и газ переходит в промежуточное равновесное состояние 2, заполняя объём $2V_1$ (поршень по-прежнему закреплён). После этого, оставив кран открытым, поршень отпускают и газ переходит в конечное равновесное состояние 3. Считая, что все стенки, поршень и трубка с краном не проводят тепло, найдите следующие величины:

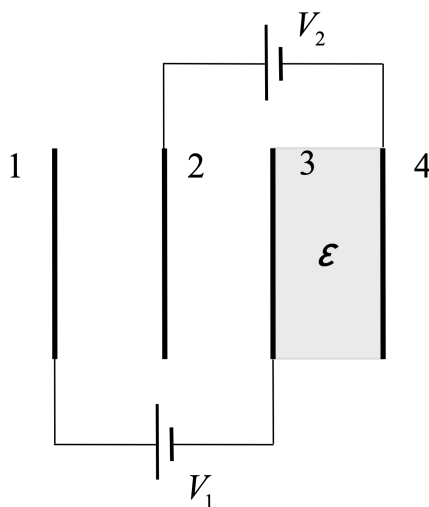
1. температуру газа T_2 в промежуточном состоянии 2,
2. температуру газа T_3 в конечном состоянии 3,
3. расстояние x , на которое переместился поршень при переходе газа из состояния 2 в состояние 3.

Объём трубки с краном не учитывайте.



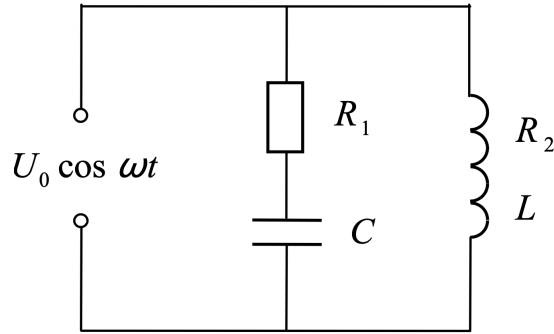
$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_1 V_1}{2 P_1 V_1} \right) = T_1 \left(\frac{1}{2} \right) = 150 \text{ K}$$

4. Четыре одинаковые незаряженные металлические пластины расположены параллельно друг другу на равных расстояниях. Всё пространство между пластинами 3 и 4 заполнено твёрдым однородным диэлектриком с проницаемостью $\epsilon = 4$. Пластины 1 и 3 соединяют тонким проводом через батарею с ЭДС $V_1 = 12$ В, а пластины 2 и 4 — через батарею с ЭДС $V_2 = 4,5$ В. Найдите отношение $x = q_1/q_2$, где q_1 и q_2 — установившиеся заряды пластин 1 и 2.



$$x = \frac{q_1}{q_2} = \frac{C_{13}}{C_{24}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon (V_1 - V_2)}{\epsilon_0 \epsilon V_2} = \frac{V_1 - V_2}{V_2} = 2$$

5. Цепь переменного тока состоит из двух параллельных ветвей. Первая ветвь — сопротивление $R_1 = 2,5$ кОм и конденсатор ёмкостью $C = 4$ мкФ, вторая — катушка сопротивлением $R_2 = 0,1$ кОм и индуктивностью $L = 0,15$ Гн. На вход цепи подаётся напряжение $U_0 \cos \omega t$ с амплитудой $U_0 = 12$ В и круговой частотой $\omega = 2\pi\nu$, где $\nu = 50$ Гц. В установившемся режиме ток I_1 , текущий через конденсатор, периодически обращается в нуль. Найдите, чему в этом случае равно абсолютное значение тока I_2 , текущего через катушку.



$$I_2 = \frac{U_0}{\sqrt{R_2^2 + (\omega L)^2}} = \frac{12}{\sqrt{0,1^2 + (2\pi \cdot 50 \cdot 0,15)^2}} \approx 0,001 \text{ А}$$

6. Микроскоп состоит из объектива — собирающей линзы с фокусным расстоянием $F_1 = 0,5$ см, и окуляра — собирающей линзы с фокусным расстоянием $F_2 = 5$ см. Наблюдаемый предмет находится на расстоянии $b = 0,52$ см от объектива. Считая, что глаз наблюдателя расположен вплотную к окуляру и аккомодирован на расстояние наилучшего зрения $d = 20$ см, найдите следующие величины:

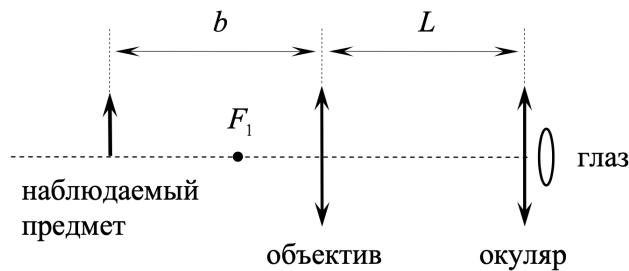
1. расстояние L между объективом и окуляром;
2. угловое увеличение микроскопа k , которое определяется следующим отношением:

$$k = \frac{\beta}{\alpha},$$

где β — угол, под которым наблюдатель видит предмет в микроскоп, α — угол, под которым наблюдатель видит тот же предмет невооружённым глазом. В обоих случаях глаз аккомодирован на расстояние наилучшего зрения.

Все углы считайте малыми.

Подсказка: объектив микроскопа строит изображение предмета, которое наблюдатель рассматривает в окуляре как в лупу.



$$L = \left(1 + \frac{d}{F_2}\right) \frac{F_1 F_2}{F_1 - F_2} = \frac{F_1 F_2}{F_1 - F_2} \left(1 + \frac{d}{F_2}\right) = \frac{F_1 F_2 + d F_1}{F_1 - F_2} = 12,5 \text{ см}$$