

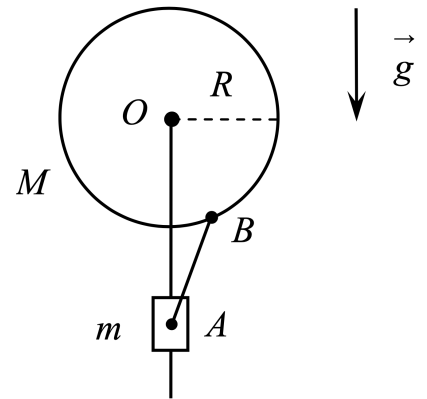
# Олимпиада «Курчатов» по физике

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  $\Delta E$ . 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  $\Delta E$  к начальной кинетической энергии  $K_0$  ядра  $N_1^*$ :  $x = \Delta E/K_0$ .

$$\boxed{v' = \frac{1+u}{1-\frac{u}{c}} = x}$$

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/с<sup>2</sup>.

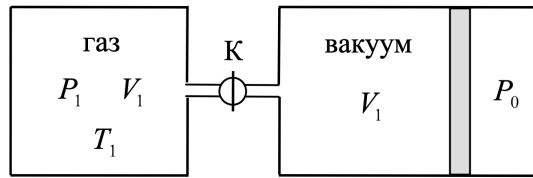


$$\boxed{T = 2\pi \sqrt{\frac{M R^2}{L m g}} = 1.8 \text{ с}}$$

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  $S = 100$  см<sup>2</sup>. 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:

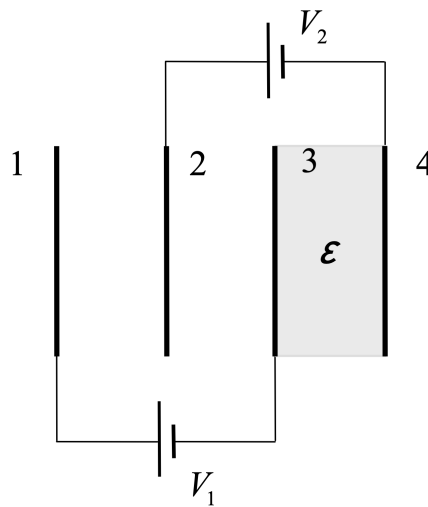
1. температуру газа  $T_2$  в промежуточном состоянии 2,
2. температуру газа  $T_3$  в конечном состоянии 3,
3. расстояние  $x$ , на которое переместился поршень при переходе газа из состояния 2 в состояние 3.

Объём трубки с краном не учитывайте.



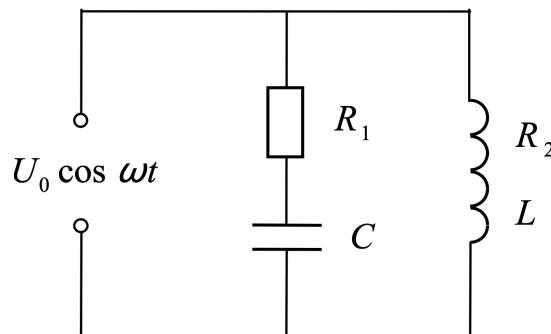
$$P_1 V_1 = (P_0 + \frac{0.4}{V_1}) V_1 = x P_0 V_1 \Rightarrow x = \frac{P_1 V_1}{P_0 V_1} = \frac{P_1}{P_0} = \frac{1}{2} = 0.5$$

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.



$$x = \frac{q_1}{q_2} = \frac{(V_1 - \epsilon V_2)}{\epsilon V_1 - V_1(1 + \epsilon)} = x$$

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.



$$I_2 = \frac{U_0}{\sqrt{R_2^2 + (\omega L)^2}} = \frac{12}{\sqrt{0.1^2 + (2\pi \cdot 50 \cdot 0.15)^2}} = \frac{12}{\sqrt{0.01 + 22500}} = \frac{12}{150} = 0.08 \text{ А}$$

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:

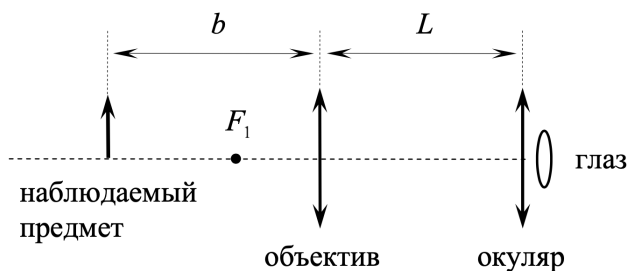
1. расстояние  $L$  между объективом и окуляром;
2. угловое увеличение микроскопа  $k$ , которое определяется следующим отношением:

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

где  $\beta$  — угол, под которым наблюдатель видит предмет в микроскоп,  $\alpha$  — 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 окуляр как в лупу.



$$\Delta L = \left(1 + \frac{z_f}{p}\right) \frac{z_f - q}{F_1} = \gamma \quad (2) \quad \Delta L = \frac{z_f + p}{z_f p} + \frac{z_f - q}{F_1} = \gamma \quad (1)$$