

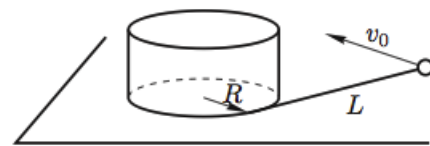
Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, финал, 2005/06 год

ЗАДАЧА 1. Пушечный снаряд массой $M = 100$ кг разорвался в некоторой точке траектории на два осколка, разлетевшихся с импульсами $p_1 = 3,6 \cdot 10^4$ кг·м/с и $p_2 = 2,4 \cdot 10^4$ кг·м/с. Импульсы осколков направлены под углом $\alpha = 60^\circ$ друг к другу. Определите, при каком отношении масс осколков выделившаяся при взрыве кинетическая энергия будет минимальной. Найдите эту энергию.

$$K_{\text{min}} = \frac{1}{2} M v_{\text{cm}}^2 = \frac{1}{2} M (v \cos \alpha)^2 = 4,32 \text{ МДж}$$

ЗАДАЧА 2. Круглый вертикальный цилиндр радиусом R прикреплен к горизонтальной плоскости (рис.). Внизу с боковой поверхностью цилиндра соединена нерастяжимая нить длиной L , направленная по касательной к поверхности цилиндра. На другом конце нити закреплена маленькая шайба. Шайбе сообщают горизонтальную скорость v_0 , направленную перпендикулярно нити, и шайба начинает скользить по плоскости.



1) Сколько времени будет продолжаться движение шайбы (наматывание нити на цилиндр) в отсутствие трения?

2) Сколько времени будет продолжаться движение шайбы при наличии трения между шайбой и плоскостью? Коэффициент трения равен μ .

$$\left. \begin{array}{l} \frac{d\theta}{dt} \Lambda_T > 0 \text{ и т.д.} \\ \frac{d\theta}{dt} \Lambda_T < 0 \text{ и т.д.} \end{array} \right\} \left(\frac{v_0^2}{2T} - \Lambda_T \right) \frac{d\theta}{dt} = \omega \left(\frac{v_0 \Lambda_T}{2T} - \Lambda_T \right)$$

ЗАДАЧА 3. На рисунке изображена система, состоящая из баллона объемом $V_0 = 0,2$ м³ и цилиндра с поршнем. Начальный объем баллона и цилиндра $V_1 = kV_0$, где $k = 2,72$. В системе находится воздух под давлением $p_0 = 10^5$ Па и при температуре $T_0 = 300$ К, равной температуре наружного воздуха. Передвигая поршень, весь воздух из цилиндра закачивают в баллон. Определите количество теплоты, которое передается окружающей среде в следующих двух случаях.



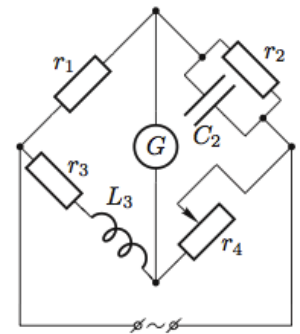
1) Поршень передвигается медленно, так что в каждый момент времени вся система находится в тепловом равновесии с окружающей средой.

2) Поршень передвигается достаточно быстро, так что за время его перемещения можно пренебречь теплообменом с окружающей средой, но воздух внутри системы в каждый момент времени находится в равновесном состоянии. После завершения процесса перекачки температура воздуха в баллоне постепенно сравнивается с температурой окружающего воздуха.

Примечание. Адиабатический процесс описывается уравнением $pV^\gamma = \text{const}$, где параметр $\gamma = 7/5$.

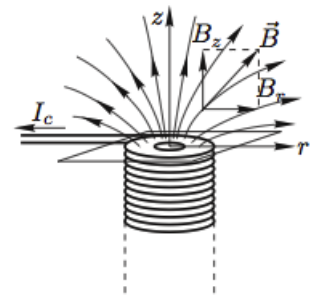
$$Q = \frac{p_0 V_0}{\gamma - 1} \left(1 - \frac{1}{k^\gamma} \right) = 2,7 \text{ Дж}$$

ЗАДАЧА 4. Для определения ёмкости C_2 и сопротивления утечки r_2 конденсатора собрана мостовая схема (рис.), которая сбалансирована при подключении гармонического переменного напряжения. Оказалось, что баланс моста не нарушается при любом изменении частоты напряжения. Чему равны параметры C_2 и r_2 , если известно, что $r_1 = 2500$ Ом, $r_3 = 10$ Ом, $L_3 = 1$ Гн, $r_4 = 800$ Ом. Гальванометр измеряет действующее значение силы тока.



$$\boxed{r_2 = \frac{r_1 r_3}{r_4} = \frac{2500 \cdot 10}{800} = 31,25 \text{ Ом}; \quad C_2 = \frac{L_3}{r_1} = \frac{1}{2500} = 0,0004 \text{ Ф}}$$

ЗАДАЧА 5. У торца вертикально расположенного длинного соленоида на тонком немагнитном листе лежит соосно с соленоидом круглое тонкое кольцо из сверхпроводника (рис.). В начальном состоянии сила тока в витках соленоида и сила тока в кольце равны нулю. При протекании тока по виткам соленоида вблизи торца возникает неоднородное магнитное поле. Вертикальную B_z и радиальную B_r составляющие вектора магнитной индукции \vec{B} можно в некоторой ближней области задать с помощью соотношений $B_z \approx B_0(1 - \alpha z)$, $B_r \approx B_0 \beta r$, где α и β — некоторые константы, а B_0 определяется силой тока в соленоиде. По виткам соленоида начинают пропускать ток силой I , постепенно увеличивая его значение. Определите:



- 1) критическое значение силы тока I_0 в соленоиде, при котором кольцо начинает подниматься над опорой;
- 2) высоту кольца над опорой при $I = 2I_0$;
- 3) частоту малых колебаний сверхпроводящего кольца при $I = 2I_0$.

Числовые данные: $\alpha = 36 \text{ м}^{-1}$, $\beta = 18 \text{ м}^{-1}$, масса кольца $m = 100$ мг, коэффициент самоиндукции кольца $L = 1,8 \cdot 10^{-8}$ Гн, площадь кольца $S = 1 \text{ см}^2$, магнитная постоянная $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$, плотность намотки соленоида $n = 10^3 \text{ м}^{-1}$.

$$\boxed{I_0 = \sqrt{\frac{mg}{\mu_0 n^2 S}} = \sqrt{\frac{0,1 \cdot 9,8}{1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6 \cdot 1}} = 0,89 \text{ А}; \quad h = \frac{L I_0^2}{mg} = \frac{1,8 \cdot 10^{-8} \cdot 0,89^2}{0,1 \cdot 9,8} = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}; \quad \omega = \sqrt{\frac{mg}{L}} = \sqrt{\frac{0,1 \cdot 9,8}{1,8 \cdot 10^{-8}}} = 2,3 \cdot 10^4 \text{ рад/с}}$$