

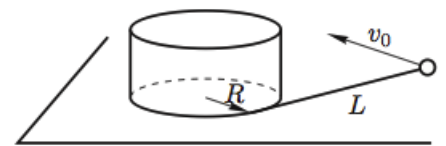
# Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 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.

$$K_{\text{min}} = \frac{1}{2} M v_{\text{cm}}^2 = \frac{1}{2} M \left( \frac{p_1 \cos \alpha + p_2 \cos \alpha}{M} \right)^2 = 4,32 \text{ МДж}$$

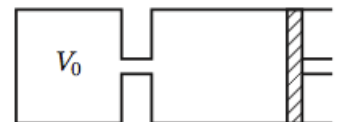
**ЗАДАЧА 2.** Круглый вертикальный цилиндр радиусом  $R$  прикреплён к горизонтальной плоскости (рис.). Внизу с боковой поверхностью цилиндра соединена нерастяжимая нить длиной  $L$ , направленная по касательной к поверхности цилиндра. На другом конце нити закреплена маленькая шайба. Шайбе сообщают горизонтальную 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  $\mu$ .

$$\left. \begin{array}{l} \frac{dL}{dt} \geq 0 \\ \frac{dL}{dt} \leq 0 \end{array} \right\} \left( \frac{v_0^2}{2gR} - 1 \right) \frac{dL}{dt} = \mu \left( \frac{v_0^2}{2gR} - 1 \right)$$

**ЗАДАЧА 3.** На рисунке изображена система, состоящая из баллона объёмом  $V_0 = 0,2$  м<sup>3</sup> и цилиндра с поршнем. Начальный объём 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 передаётся окружающей среде в следующих двух случаях.

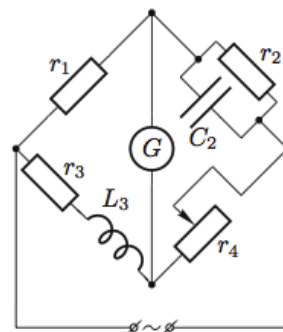


- 1) Поршень передвигается медленно, так что в каждый момент времени вся система находится в тепловом равновесии с окружающей средой.
- 2) Поршень передвигается достаточно быстро, так что за время его перемещения можно пренебречь теплообменом с окружающей средой, но воздух внутри системы в каждый момент 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  $\gamma = 7/5$ .

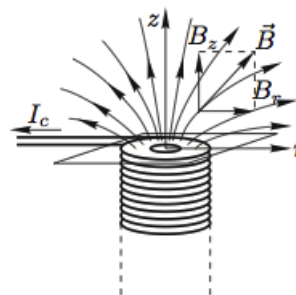
$$Q = \frac{p_0 V_0}{\gamma - 1} \left( 1 - \frac{1}{k^\gamma} \right) = 1,0 \text{ кДж}$$

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.



$$\text{Физическое значение } C_2 = \frac{r_1 r_3}{r_2 r_4} = \frac{2500 \cdot 10}{800 \cdot r_2} = \frac{31,25}{r_2} \text{ Ф}$$

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  $\alpha$  и  $\beta$  — 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  $n = 10^3 \text{ м}^{-1}$ .

$$\text{Числовое значение } I_0 = \sqrt{\frac{mg}{\mu_0 n^2 S}} = \sqrt{\frac{0,1}{1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6 \cdot 1}} = \sqrt{0,08} = 0,28 \text{ А}$$