

# Всероссийская олимпиада школьников по физике

## 11 класс, финал, 2010/11 год

ЗАДАЧА 1. Массивное кольцо подвешено на трёх тонких вертикальных нитях длиной  $L$  (рис.).

1) Определите период малых крутильных колебаний кольца относительно оси  $OO'$ .

2) Насколько изменится период крутильных колебаний, если в центре кольца (точка  $O$ ) при помощи лёгких спиц расположить тело малых размеров (материальную точку), масса которого равна массе кольца?

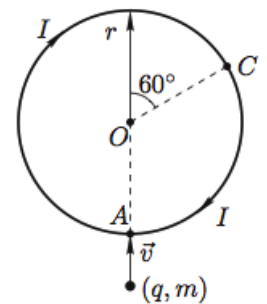
Указание: При  $\alpha \ll 1$  можно использовать приближённое выражение  $\cos \alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}$ .



$$\frac{E I}{L} = \mu J \left( \tau : \frac{6}{J} \wedge \nu \tau = J \right)$$

ЗАДАЧА 2. На рисунке изображено сечение длинной прямой катушки (соленоида), радиус витков которой  $r = 10$  см. Число витков катушки на 1 метр длины  $n = 500 \text{ м}^{-1}$ . По виткам катушки протекает постоянный ток  $I = 0,1$  А (по часовой стрелке).

Через зазор между витками в точке  $A$  в катушку влетает заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $U = 10^3$  В. Скорость частицы в точке  $A$  направлена вдоль радиуса соленоида. Частица движется внутри соленоида в плоскости, перпендикулярной его оси, и вылетает из соленоида в точке  $C$ , расположенной под углом  $\alpha = 60^\circ$  к первоначальному направлению. Определите:



1) знак заряда частицы;

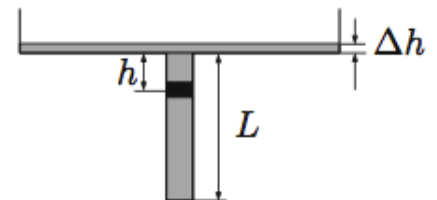
2) радиус кривизны траектории частицы внутри соленоида;

3) удельный заряд частицы (то есть отношение модуля заряда частицы к её массе).

Магнитная постоянная  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  (единиц СИ).

$$\left( \text{нодлжэре оле} \right) \text{ гл/ггУ } \text{гг0г} \cdot \text{г}^{\text{г}} \approx \frac{\text{г}(\text{г} \text{г} \text{г} \text{г} \text{г})}{\text{г} \text{г}} = \text{г} \left( \text{г} : \text{г} \text{г} \text{г} \text{г} \approx \text{г} \wedge \text{г} = \text{г} \right) \text{г} > \text{г} \left( \text{г} \right)$$

ЗАДАЧА 3. Закрытый снизу тонкостенный цилиндр длиной  $L = 1,50$  м установлен вертикально. В верхней части он соединён с другим цилиндром значительно большего диаметра (рис.). В нижнем цилиндре на расстоянии  $h_1 = 380$  мм от верхнего края расположен тонкий лёгкий поршень. Над поршнем находится слой ртути высотой  $h + \Delta h$ , где  $\Delta h \ll h$ , ниже поршня — гелий под давлением  $p_1 = p_0 + \rho_p g h_1$ , где  $p_0 = 760$  мм. рт. ст. — атмосферное давление,  $\rho_p = 13,6 \text{ г/см}^3$  — плотность ртути. Из-за большой разницы диаметров цилиндров изменением  $\Delta h$  можно пренебречь при смещениях поршня по всей длине нижнего цилиндра.

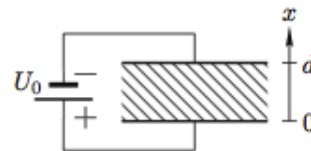


Из условия задачи следует, что поршень находится в равновесии. Является ли это положение равновесия устойчивым? Существуют ли другие положения равновесия? Если есть, то при каких расстояниях  $h_i$  от поршня до верхнего края? Являются ли эти положения равновесия устойчивыми? Можно считать, что при малых изменениях объёма под поршнем температура гелия остаётся постоянной.

Еще  $h_2 = 360$  мм; первое — устойчивое, второе — нет

ЗАДАЧА 4. Плоский конденсатор ёмкостью  $C_0$  заполнен слабопроводящей слоистой средой с  $\epsilon = 1$ , удельное сопротивление которой зависит от расстояния  $x$  до одной из пластин по закону

$$\rho = \rho_0 \left( 1 + \frac{2x}{d} \right),$$

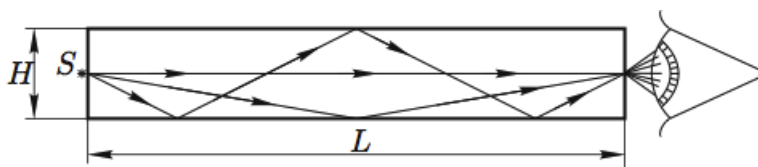


где  $d$  — расстояние между пластинами конденсатора. Конденсатор подключён к батарее с напряжением  $U_0$  (рис.). Найдите:

- 1) силу тока, протекающего через конденсатор;
- 2) заряды нижней ( $q_1$ ) и верхней ( $q_2$ ) пластин конденсатора;
- 3) заряд  $q$  внутри конденсатора (т. е. в среде между пластинами);
- 4) электрическую энергию  $W_э$ , запасённую в конденсаторе.

$I = I_0 \frac{C_0 U_0}{C_0 U_0} = I_0$ ;  $q_1 = -C_0 U_0$ ;  $q_2 = C_0 U_0$ ;  $q = C_0 U_0 \frac{2x}{d}$ ;  $W_э = \frac{1}{2} C_0 U_0^2$

ЗАДАЧА 5. Вблизи левого торца хорошо отполированной прозрачной пластины, показатель преломления которой  $n$ , расположен точечный источник света  $S$  (рис.). Толщина пластины  $H = 1$  см, её длина  $L = 100$  см. Свет от источника падает на левый торец пластины под всевозможными углами падения ( $0 - 90^\circ$ ). В глаз наблюдателя попадают как прямые лучи от источника, так и лучи, многократно испытавшие полное отражение на боковых гранях пластины.



1) Какое максимальное число отражений может испытать луч от источника, выходящий через правый торец пластины? Решите задачу для двух значений коэффициента преломления:  $n_1 = 1,73$ ,  $n_2 = 1,3$ .

2) Укажите, в каком из этих двух случаев свет частично выходит из пластины через боковые грани.

$N = \left[ \frac{L}{H} + \frac{1}{2} \right] = N$ ;  $N = \left[ \frac{L}{H} + \frac{1}{2} \right] = N$