

11 класс

**Задача 1. Трифилярный маятник**

Массивное кольцо подвешено на трёх тонких вертикальных нитях длиной  $L$  (рис. 11).

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?

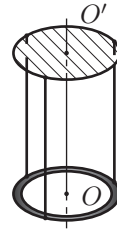


Рис. 11

Указание: При  $\alpha \ll 1$  можно использовать приближённое выражение

$$\cos \alpha \approx 1 - \alpha^2/2.$$

**Задача 2. Заряженная частица в соленоиде**

На рисунке 12 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  $I = 0,1 \text{ А}$  (по часовой стрелке).

Через зазор между витками в точке  $A$  в катушку влетает заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $U = 10^3 \text{ В}$ . 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:

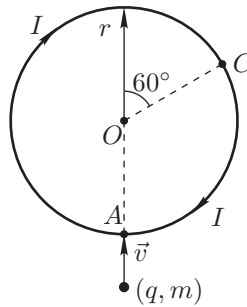


Рис. 12

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).

**Задача 3. Устойчивость поршня**

Закрытый снизу тонкостенный цилиндр длиной  $L = 1,50$  м установлен вертикально. В верхней части он соединён с другим цилиндром, значительно большего диаметра (рис. 13). 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.

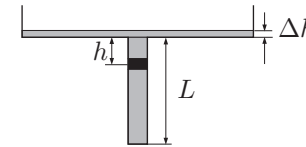


Рис. 13

**Задача 4. Конденсатор с утечкой**

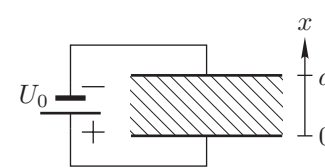


Рис. 14

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  $\rho = \rho_0(1 + \frac{2x}{d})$ , где  $d$  — расстояние между пластинами конденсатора. Конденсатор подключен к батарее с напряжением  $U_0$  (рис. 14).

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.

**Задача 5. Плоский световод**

Вблизи левого торца хорошо отполированной прозрачной пластины, показатель преломления которой  $n$ , расположен точечный источник света  $S$  (рис. 15). 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.

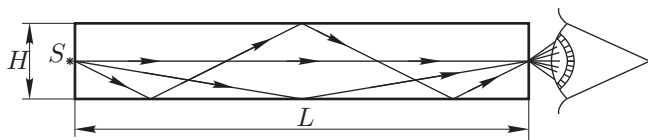


Рис. 15