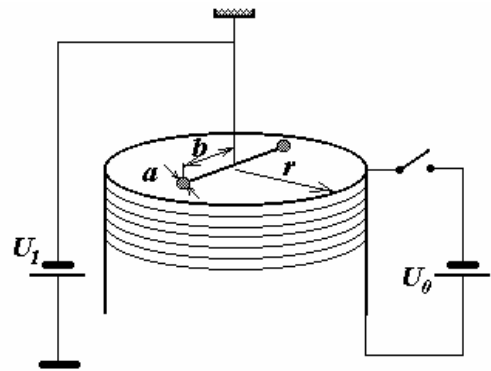


1. Крутильный маятник представляет собой легкий жесткий проводящий стержень, к концам которого прикреплены два одинаковых полых металлических шарика, подвешенный на длинной упругой проводящей нити. Маятник подвесили над верхним торцом вертикально расположенного соленоида с ферромагнитным сердечником. Обмотка соленоида сделана из медного провода, намотанного в один слой «виток к витку». Маятник подключили к источнику высоковольтного напряжения  $U_1 = 15 \text{ кВ}$ , а обмотку соленоида через ключ к источнику постоянного напряжения  $U_0 = 2,0 \text{ кВ}$ . Оцените на какой максимальный угол повернется стержень маятника, если замкнуть ключ в цепи обмотки?



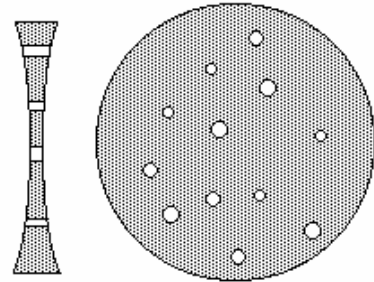
Параметры установки: удельное электрическое сопротивление меди  $\rho = 0,017 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$ ; радиус обмотки  $r = 15 \text{ см}$ , ее высота  $h = 40 \text{ см}$ , диаметр провода  $d = 5,0 \text{ мм}$ , магнитная проницаемость сердечника  $\mu = 1,8 \cdot 10^3$ , диаметры шариков маятника  $a = 5,0 \text{ см}$ , масса шарика  $m = 1,4 \text{ г}$ , период свободных крутильных колебаний маятника  $T = 14 \text{ с}$ .

Индукция магнитного поля внутри сердечника длинного соленоида рассчитывается по формуле  $B = \mu \mu_0 n I$ , где  $n$  - плотность намотки (число витков на единицу длины,  $I$  -

сила тока в обмотке. Рекомендуем также воспользоваться формулой  $\mu_0 \epsilon_0 = \frac{1}{c^2}$ , где

$c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  - скорость света.

2. Для изготовления тонкой линзы пространство между двумя сферическими тонкими поверхностями залили материалом с показателем преломления  $n_0 = 1,69$ . В процессе изготовления линзы был допущен технологический брак, из-за чего внутри линзы оказалось множество небольших воздушных пузырьков, касающихся обеих граней линзы, и равномерно распределенных по поверхности линзы.

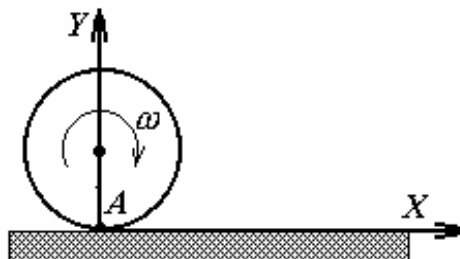


Полученную таким образом двояковогнутую линзу поместили в воду (показатель преломления  $n_1 = 1,33$ ), и на расстоянии  $a = 40 \text{ см}$  за линзой расположили экран параллельно плоскости линзы. Линзу полностью осветили параллельным пучком света, направленным вдоль главной оптической оси. На экране образовался светлый круг, диаметр которого в два раза больше диаметра линзы. Кроме того, в центре этого светлого круга образовалось небольшое круглое пятно, освещенность которого в  $\eta = 3,0$  раза больше освещенности остального круга. Определите суммарную площадь (в процентах к общей площади линзы) пузырьков в линзе. Дифракцией света пренебречь.

3. Стрелу гарпуна массы  $m = 1,5 \text{ кг}$ , к которой привязана гладкая гибкая нить, бросают вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0 = 15 \text{ м/с}$ . Масса единицы длины нити  $\lambda = 20 \text{ г/м}$ . На какую высоту поднимется стрела, если длина нити равна а)  $l = 5,0 \text{ м}$ ; б)

$l = 15 \text{ м}$ ? Соппротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

**4.1** Колесо радиуса  $R$  катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности, вращаясь вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Введем декартовую систему координат, как показано на рисунке. Точка  $A$ , находящаяся на ободе колеса, в момент времени  $t = 0$  находилась в начале координат.



Запишите уравнения, описывающие зависимости от времени проекций ускорения  $a_x, a_y$ ; проекций скорости  $v_x, v_y$ ; координат  $x, y$  точки  $A$ .

Найдите среднюю скорость  $\langle \vec{v} \rangle$  движения точки  $A$  за достаточно большой промежуток времени.

**4.2** Две одинаковых частицы, массы которых равны  $m$ , движутся вдоль оси  $X$  под действием изменяющихся во времени сил. На первую частицу действует сила,  $F_1 = F_0 \sin \omega t$  на вторую  $F_2 = F_0 \cos \omega t$  ( $F_0, \omega$  - известные постоянные величины).

Запишите уравнения зависимостей от времени ускорений частиц  $a_1, a_2$ , скоростей частиц  $v_1, v_2$ , их координат  $x_1, x_2$ . Найдите средние скорости частиц за достаточно большой промежуток времени.

**4.3** Электрон движется в поле плоской электромагнитной волны, вектор напряженности электрического поля которой направлен вдоль оси  $X$  и изменяется со временем по закону  $E = E_0 \cos \omega t$ , а вектор индукции магнитного поля направлен вдоль оси  $Y$  и изменяется со временем по закону  $B = B_0 \cos \omega t$ . Длина волны велика настолько, что можно пренебречь зависимостью характеристик волны от координаты  $Z$ . В поле электромагнитной волны при не слишком больших скоростях движения электрона  $v$  выполняется соотношение  $E_0 \gg v B_0$ . Используя это соотношение, найдите зависимость проекции скорости электрона на ось  $X$  от времени. Найдите среднюю скорость движение электрона вдоль оси  $Z$  (скорость дрейфа электрона). Считайте, что первоначально скорость электрона равнялась нулю.

