

# Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 2020/21 год

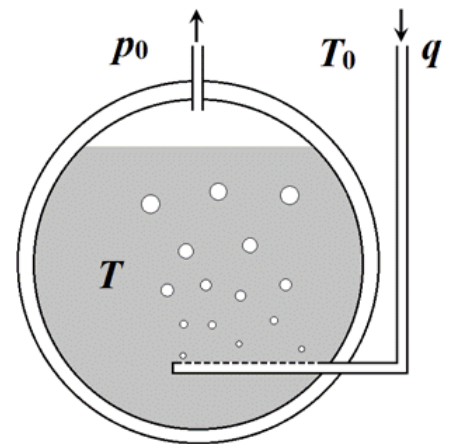
**ЗАДАЧА 1.** С лодки, движущейся по течению реки, опускают в воду металлический шарик. Шарик падает на дно реки на расстоянии  $l_1$  по горизонтали от места, где его опустили в воду. Если опустить в воду шарик с лодки, движущейся против течения, то шарик падает на дно на расстоянии  $l_2$  ниже по течению. Для лодки, переплывающей реку по траектории, перпендикулярной течению реки, расстояние до точки падения на дно составляет  $l_3$ .

1. Чему равно расстояние до точки падения на дно для лодки, движущейся в озере той же глубины, что и река?
2. Во сколько раз скорость лодки больше скорости течения?

Величина проекции скорости шарика на вертикальное направление при падении в воду равна нулю, закон зависимости силы сопротивления при движении шарика в воде неизвестен, все расстояния отсчитываются по горизонтали от места падения шарика в воду до места падения его на дно. Течение реки и её глубина везде одинаковы. Двигатель лодки развивает постоянную силу тяги независимо от направления движения.

$$\frac{\frac{8}{3}l_3 - \frac{2}{3}l_1 + \frac{1}{3}l_2}{\frac{2}{3}l_1 - \frac{1}{3}l_2} = \frac{a}{n} \quad (n; \frac{2}{3}l_1 - \frac{1}{3}l_2 = l \text{ (I)})$$

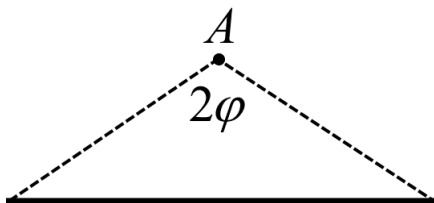
**ЗАДАЧА 2.** В реакторе в водном растворе некоторого вещества в результате химической реакции выделяется тепло с мощностью  $N = 5$  кВт. Для регулирования температуры в реактор через трубки с маленькими отверстиями, проложенными на дне реактора, продувается воздух. Давление воздуха, подающегося в реактор, можно считать равным атмосферному  $P_0 = 10^5$  Па, температуру — равной температуре помещения  $T_0 = 22^\circ\text{C}$ . Определите объёмный расход воздуха  $q$ , необходимый для поддержания в реакторе температуры  $T < T_k$ , где  $T_k = 100^\circ\text{C}$  — температура кипения водяного раствора при атмосферном давлении. Считайте  $T_k - T \ll T_k$ . Определите численное значение  $q$  для  $T = 95^\circ\text{C}$ .



Молярная теплота испарения при температуре  $T$  для воды известна:  $\lambda = 40$  кДж/моль. Давление насыщенного водяного пара вблизи  $T_k$  меняется практически линейно с коэффициентом  $\alpha = 3,5$  кПа/°С. Давление насыщенного пара над раствором в точности соответствует давлению насыщенного водяного пара. Теплотой, идущей на нагрев воздуха, можно пренебречь. Перепад давления на отводящей из реактора газ трубке пренебрежимо мал. В отсутствие подачи воздуха в реактор, теплообмена с окружающей средой нет.

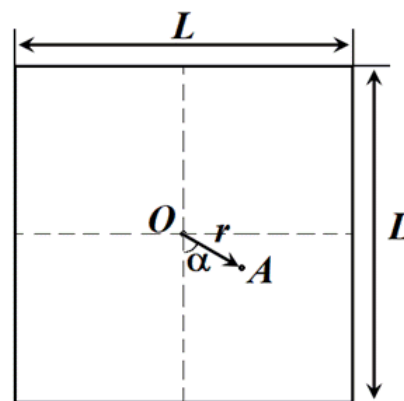
$$q / \text{м}^3 / \text{с} \approx 0,1 \cdot 5 \cdot 10^3 \approx \frac{((T - T_k) \alpha - P_0) \lambda^0 P_0}{(T - T_k) \alpha P_0} = b$$

ЗАДАЧА 3. Тонкий стержень из диэлектрика равномерно заряжен с линейной плотностью заряда  $\lambda$ . Точка  $A$  расположена на расстоянии  $h$  от стержня и равноудалена от его концов. Стержень виден из точки  $A$  под углом  $2\varphi$  (см. рис.).



1. Определите напряжённость электрического поля в точке  $A$ .

Тонкая диэлектрическая квадратная пластина с длинной стороны  $L$  равномерно заряжена с поверхностной плотностью  $\sigma > 0$ . В точку  $A$ , смещённую в плоскости пластины на малое расстояние  $r \ll L$  относительно её центра (т.  $O$ ) под углом  $\alpha = 60^\circ$  к стороне квадрата (см. рис.), помещают маленькую гладкую диэлектрическую шайбу массы  $m$  с зарядом  $q < 0$ . Шайбу отпускают без начальной скорости.



2. Определите величину и направление ускорения шайбы сразу после того, как её отпустили.
3. Через какое время шайбы впервые окажется на минимальном расстоянии от центра пластины?

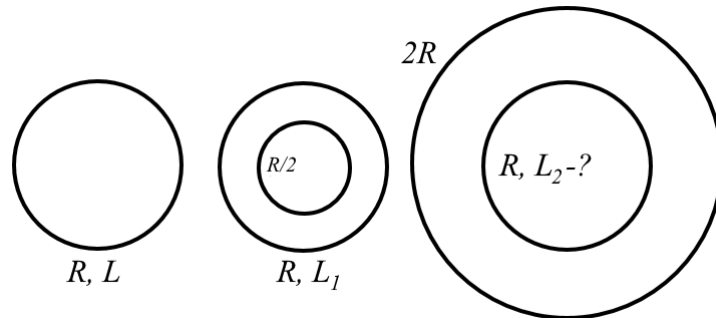
Силы тяжести нет, пластина закреплена.

$$\frac{q\sigma\sqrt{L}}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \sqrt{\frac{1}{L}} = \tau \quad (3) \quad O \text{ — центр пластины, } \frac{q\sigma\sqrt{L}}{4\pi\epsilon_0\epsilon} = v \quad (2) \quad \frac{q\sigma\sqrt{L}}{4\pi\epsilon_0\epsilon} = \tau \quad (1)$$

ЗАДАЧА 4. Индуктивность кольца радиуса  $R$ , сделанного из тонкой проволоки, равна  $L$ .

1. Найдите индуктивность проволочного кольца, у которого все геометрические размеры в 2 раза больше.

Если в плоскости кольца радиуса  $R$  поместить сверхпроводящее колечко с вдвое меньшими геометрическими размерами так, чтобы плоскости колец и их центры совпадали (см. рис.), то индуктивность кольца радиуса  $R$  оказывается равной  $L_1$ .



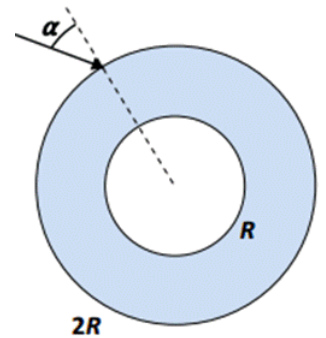
2. Какой станет индуктивность кольца  $L_2$  радиуса  $R$  при помещении его внутрь сверхпроводящего кольца со вдвое большими геометрическими размерами? Плоскости и центры колец во втором случае также совпадают.

$$L_2 = 2L \quad (2) \quad (1)$$

ЗАДАЧА 5. В шаре радиуса  $2R$  из оптически прозрачного материала имеется сферическая полость радиуса  $R$ . Центры шара и полости совпадают. Внутри полости воздух. Из воздуха снаружи на поверхность шара падает луч света (см. рис.). При каких значениях угла падения луча на поверхность шара  $\alpha$  луч проникнут внутрь полости?

Рассмотрите два случая.

1. Показатель преломления вещества шара постоянен и равен  $n = 2$ .
2. Показатель преломления вещества шара линейно уменьшается при увеличении расстояния  $r$  от центра:  $n(r) = 2,5 - 0,5 \frac{r}{R}$ ,  $R \leq r \leq 2R$ .



$$n > 2 \quad (2) \quad (1)$$