

Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 2020/21 год

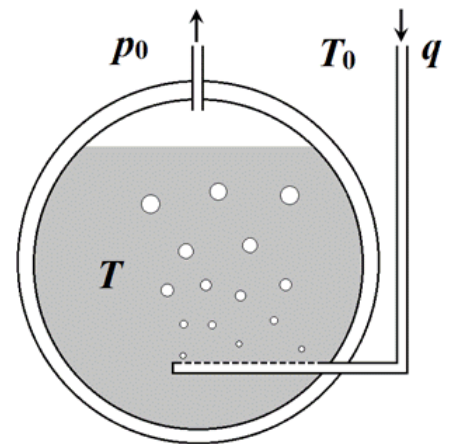
ЗАДАЧА 1. С лодки, движущейся по течению реки, опускают в воду металлический шарик. Шарик падает на дно реки на расстоянии l_1 по горизонтали от места, где его опустили в воду. Если опустить в воду шарик с лодки, движущейся против течения, то шарик падает на дно на расстоянии l_2 ниже по течению. Для 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.

$$\frac{\frac{\xi l_2 - \xi l_1 + l_3}{\xi l_1 - \xi l_2} = \frac{\alpha}{n} \left(\xi : \frac{\xi}{\xi l_1 - l_1} = l \right) (1)$$

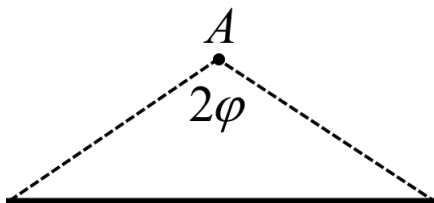
ЗАДАЧА 2. В реакторе в водном растворе некоторого вещества в результате химической реакции выделяется тепло с мощностью $N = 5$ кВт. Для регулирования температуры в реактор через трубки с маленькими отверстиями, проложенными на дне реактора, продувается воздух. Давление воздуха, подающегося в реактор, 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.

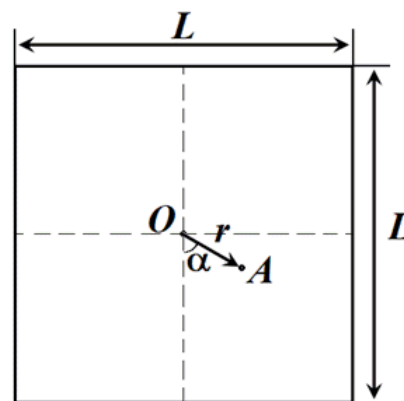
$$q / \text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1} \approx \frac{((T - T_k) \alpha - P_0) \lambda^0 P_0}{(T - T_k) \alpha P_0} = b$$

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



1. Определите напряжённость электрического поля в точке A .

Тонкая диэлектрическая квадратная пластина с длиной 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?

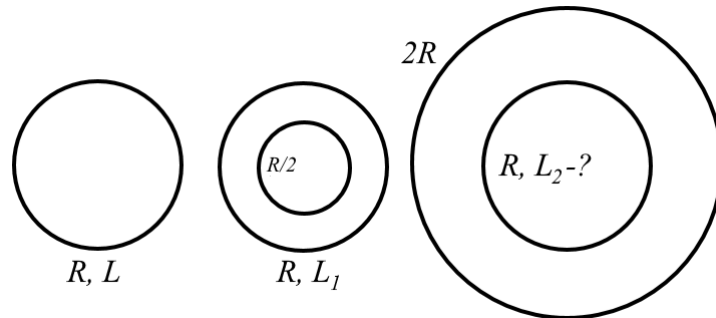
Силы тяжести нет, пластина закреплена.

$$\frac{b \sigma \lambda^2 \sqrt{\pi}}{7 m \epsilon_0 \epsilon_3 \sqrt{g}} = t \quad (3) \quad \text{есть } O \text{ к } \text{направлению к точке } A, \quad \frac{L \sin \alpha}{\sigma \sqrt{g}} = v \quad (2) \quad \frac{2 \pi \epsilon_0 \lambda}{\sqrt{g}} = E \quad (1)$$

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 .



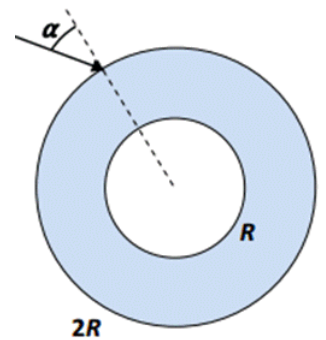
2. Какой станет индуктивность кольца L_2 радиуса R при помещении его внутрь сверхпроводящего кольца со вдвое большими геометрическими размерами? Плоскости и центры колец во втором случае также совпадают.

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

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 α луч проникнет 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: $n(r) = 2,5 - 0,5 \frac{r}{R}$, $R \leq r \leq 2R$.



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