

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
2018/2019 УЧЕБНЫЙ ГОД
11 КЛАСС (РЕШЕНИЯ)**

1. (10 баллов) Поливая грядки из шланга, дачник направляет тонкую струю воды под углом α к горизонту. Считая, что в воздухе струя не распадается на капли, определите её диаметр в верхней точке траектории, если внутренний диаметр шланга равен d_0 . Сопротивлением воздуха пренебречь, диаметр шланга считайте малым по сравнению с дальностью полёта струи.

Ответ: $d = d_0/\sqrt{\cos \alpha}$.

Решение. Расход воды (объём воды, проходящий через поперечное сечение струи в единицу времени) одинаков в любом месте струи (вода практически несжимаема). Поэтому $\frac{\pi V_0 d_0^2}{4} = \frac{\pi V d^2}{4}$, где d – искомый диаметр, V_0 и V – скорость струи при выходе из шланга и в верхней точке траектории соответственно.

Поскольку движение любого малого объёма воды после выхода из шланга является движением тела, брошенного под углом к горизонту, то скорость струи в верхней точке траектории определится как $V = V_0 \cdot \cos \alpha$. Тогда искомый диаметр $d = d_0/\sqrt{\cos \alpha}$.

2. (10 баллов) На один конец лёгкого тонкого стержня нанизан шарик из свинца, на другой – шарик из алюминия. Стержень опирается серединой на острие и находится в горизонтальном равновесии в воде, при этом расстояние между центрами шариков $l = 20$ см и они расположены симметрично относительно точки опоры. В какую сторону и на какое расстояние нужно будет сдвинуть алюминиевый шарик для сохранения равновесия в воздухе? Плотность свинца $\rho_1=11300$ кг/м³, алюминия $\rho_2=2700$ кг/м³, воды $\rho=1000$ кг/м³.

Ответ: ближе к свинцовому на расстояние $x \approx 3,1$ см.

Решение. Условие равновесия системы в воде: $(m_1 g - F_{A1}) \frac{l}{2} = (m_2 g - F_{A2}) \frac{l}{2}$.
Здесь $m_1 = \rho_1 V_1$, $m_2 = \rho_2 V_2$, $F_{A1} = \rho V_1 g$, $F_{A2} = \rho V_2 g$. Следовательно, условие равновесия в воде можно представить в виде: $(\rho_1 - \rho) V_1 g = (\rho_2 - \rho) V_2 g$.

Отсюда получаем, что. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_1 - \rho}{\rho_2 - \rho}$.

Для сохранения равновесия системы в воздухе передвинем алюминиевый шарик ближе к свинцовому, на некоторое расстояние x . Тогда условие равновесия в воздухе запишется в виде:

$$m_1 g \frac{l}{2} = m_2 g \left(\frac{l}{2} - x \right) \text{ или } \rho_1 V_1 \frac{l}{2} = \rho_2 V_2 \left(\frac{l}{2} - x \right).$$

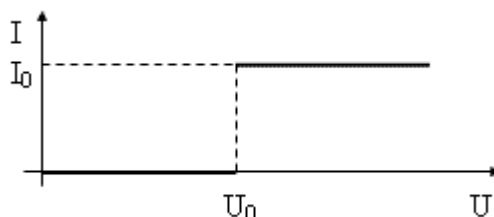
Для соотношения объёмов шариков получим:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_1 l}{2 \rho_2 \left(\frac{l}{2} - x \right)}.$$

Из записанных соотношений находим $\frac{\rho_1 l}{2 \rho_2 \left(\frac{l}{2} - x \right)} = \frac{\rho_1 - \rho}{\rho_2 - \rho}$, откуда

$$x = \frac{l \rho (\rho_1 - \rho_2)}{2 \rho_2 (\rho_1 - \rho)} \approx 3,1 \text{ см.}$$

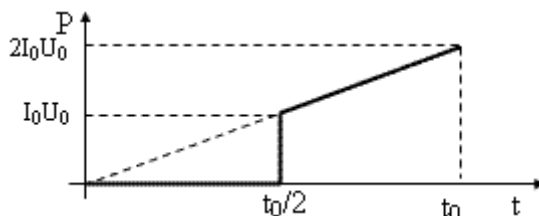
3. (10 баллов) Вольт-амперная характеристика некоторого нелинейного электрического элемента имеет вид, показанный на рисунке. Его включают в сеть, напряжение в которой равномерно меняется от нуля до значения $2U_0$ за время t_0 . Чему равна работа источника тока за это время?



Ответ: $A = \frac{I_0 U_0 + 2I_0 U_0}{2} \cdot \frac{t_0}{2}$.

Решение. Мощность источника $P = IU$. Исходя из заданной вольт-амперной характеристики, зависимость $P(t)$ имеет вид, показанный на графике.

Искомая работа равна площади трапеции $A = \frac{I_0 U_0 + 2I_0 U_0}{2} \cdot \frac{t_0}{2}$.



4. (10 баллов) Найдите изменение ΔE средней кинетической энергии одной молекулы идеального одноатомного газа, если при изобарном нагревании $\nu = 5$ молей этого газа им совершена работа $A = 300$ Дж. Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ моль $^{-1}$.

Ответ: $1,5 \cdot 10^{-22}$ Дж.

Решение. Изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа определяется формулой $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$, где ΔT – приращение его температуры.

Работа, совершённая газом в изобарном процессе, $A = p\Delta V = \nu R\Delta T$.

Следовательно, $\Delta U = \frac{3}{2}A$. Изменение средней кинетической энергии одной

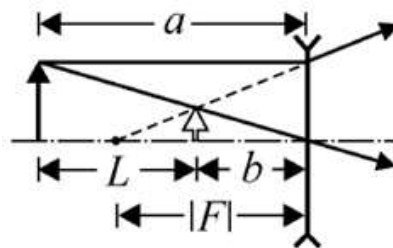
молекулы $\Delta E = \Delta U/N$, где $N = \nu N_a$ – число молекул газа.

Таким образом, $\Delta E = \frac{3}{2} \cdot \frac{A}{\nu N_a} \approx 1,5 \cdot 10^{-22}$ Дж.

5. (10 баллов) Расстояние между предметом и его прямым изображением, полученным с помощью тонкой линзы, равно $L = 40$ см. Изображение меньше предмета в $n = 3$ раза. Какова оптическая сила линзы?

Ответ: $D = -\frac{(n-1)^2}{nL} \approx -3,33$ дптр.

Решение. Прямое уменьшенное изображение предмета получается только с помощью рассеивающей линзы. Соответствующее построение приведено на рисунке.



Формула тонкой линзы с учётом того, что изображение мнимое, имеет вид $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F} = D$. По условию $a = nb$, $a - b = L$. Отсюда $D = -\frac{(n-1)^2}{nL}$.