

# XI Республиканский многопредметный Турнир МОЛОДЫХ соотечественников

20 апреля 2019 г.

г. Кишинёв

## Физика

**Ф1.** На земле лежит бревно, торцы бревна имеют разные диаметры. Объем бревна  $0,2 \text{ м}^3$ , средняя плотность  $450 \text{ кг/м}^3$ . Чтобы поднять один край бревна необходима сила  $F_1 = 350 \text{ Н}$ . Найти силу  $F_2$ , которую необходимо приложить, чтобы приподнять второй край.

### Решение

Зная объём и среднюю плотность, можем найти массу бревна:  $m = \rho V = 90 \text{ кг}$ .

Допустим, что центр тяжести бревна длиной  $l$  находится на расстоянии  $x$  от края, к которому была приложена сила  $F_1$ . Запишем уравнение моментов относительно левого и правого края бревна:

$$\begin{cases} F_1 l - mg(l - x) = 0 \\ F_2 l - mgx = 0 \end{cases} . \text{ Сложив эти уравнения, придём к следующему: } F_1 l + F_2 l = mgl .$$

Отсюда  $F_2 = mg - F_1 = 900 - 350 = 550 \text{ Н}$ .

Примечание: К этому же результату можно было прийти, приняв во внимание, что, для того чтобы поднять бревно, надо одновременно приложить силы к обоим его концам.

**Ответ:**  $550 \text{ Н}$

**Ф2.** В воде плавает в вертикальном положении труба, выступающая над поверхностью воды на  $10 \text{ см}$ . Внутри трубы наливают масло плотностью  $900 \text{ кг/м}^3$ . Какой длины должна быть труба, чтобы её можно было целиком заполнить маслом? Положение трубы относительно воды не должно измениться.

### Решение.

Введём обозначения:  $L$  – длина трубы,  $h = 10 \text{ см}$  – выступает над поверхностью воды.

Решаем задачу в предположении безграничной жидкости. На уровне нижнего конца трубы давление масла равно давлению воды:  $\rho_m g L = \rho_w g (L - h)$ . После преобразований получаем

$$(\rho_w - \rho_m)L = \rho_w \cdot h, \text{ откуда } L = \frac{\rho_w \cdot h}{\rho_w - \rho_m} = \frac{10^3 \cdot 10 \text{ см}}{10^3 - 900} = 100 \text{ см} = 1 \text{ м}$$

**Ответ:**  $1 \text{ м}$

**Ф3.** Определите фокусное расстояние тонкой линзы, если линейные размеры изображения тонкого карандаша, помещённого на расстоянии  $48 \text{ см}$  от линзы и расположенного перпендикулярно главной оптической оси, меньше размеров самого карандаша в  $2$  раза.

### Решение

Для решения задачи надо рассмотреть два случая: когда линза собирающая и когда она рассеивающая. В первом случае изображение предмета может быть уменьшенным, только если оно действительное и перевёрнутое.

По формуле тонкой линзы записываем  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$ , а для уменьшения размеров изображения по

сравнению с предметом имеем:  $\frac{a}{b} = n$ , где  $b$  – расстояние от линзы до изображения.

$$\text{Отсюда } b = \frac{a}{n}, \frac{1}{F} = \frac{n+1}{a} \text{ и } F = \frac{a}{n+1} = \frac{48}{3} = 16 \text{ см.}$$

Во втором случае изображение мнимое, прямое, и по формуле тонкой линзы  $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$ , где  $b$  – расстояние от мнимого изображения предмета до рассеивающей линзы.

При этом по-прежнему  $\frac{a}{b} = n$  и получаем:  $\frac{1}{F} = \frac{1-n}{a}$ ,  $F = \frac{a}{1-n} = -\frac{48}{1} = -48$  см.

**Ответ:** если линза собирающая, то  $F = 16$  см. а если рассеивающая, то  $F = -48$  см.

**Ф4.** Напряженность электрического поля на расстоянии 10 см от поверхности заряженной сферы радиусом 5 см равна 36 В/м. Какова напряженность поля на расстоянии 30 см от центра сферы?

### Решение

Введём обозначения:  $l = 10$  см,  $R = 5$  см,  $E_1 = 36$  В/м,  $r = 30$  см,  $E_2 = ?$

Напряженность электрического поля  $E_1$  на расстоянии  $l$  от поверхности сферы радиусом  $R$ , заряженной некоторым зарядом  $q$ , определяется по формуле:

$$E_1 = \frac{kq}{(R+l)^2} \quad (1)$$

А напряженность электрического поля  $E_2$  на расстоянии  $r$  от центра той же сферы – по формуле:

$$E_2 = \frac{kq}{r^2} \quad (2)$$

Поделив (2) на (1), получим:  $\frac{E_2}{E_1} = \frac{(R+l)^2}{r^2}$ .

Выражаем и вычисляем  $E_2 = E_1 \frac{(R+l)^2}{r^2} = 36 \cdot \frac{(0,05+0,1)^2}{0,3^2} = 9$  В/м или 0,09 В/см

**Ответ:** 0,09 В/см.

**Ф5.** Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 400 м/с, в полёте разрывается на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счёт энергии взрыва на величину  $\Delta E = 0,5$  МДж. Найдите скорость осколка, движущегося по направлению движения снаряда.

### Решение.

Обозначим массу каждого осколка через  $m$ . Тогда искомая масса снаряда равна  $2m$ . Скорость снаряда до взрыва обозначим  $v_0$ .

Для системы выполняются законы сохранения импульса и энергии (не механической энергии, а полной энергии, так как в данном случае внутренняя энергия взрывчатого вещества переходит в кинетическую энергию осколков):

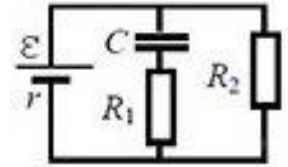
$$2mv_0 = mv_1 - mv_2 \quad (1), \quad \frac{2mv_0^2}{2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \quad (2)$$

Выразим скорость второго осколка из закона сохранения импульса и подставим в закон сохранения энергии. После приведения подобных членов получим:  $\Delta E = m(v_1 - v_0)^2$ .

Выразим отсюда скорость первого осколка  $v_1 = \sqrt{\frac{\Delta E}{m}} + v_0 = \sqrt{\frac{500000}{2}} + 400 = 900$  м/с.

**Ответ:** 900 м/с.

**Ф6.** Напряжённость электрического поля плоского конденсатора (см. рисунок) равна  $24 \text{ кВ/м}$ . Внутреннее сопротивление источника  $10 \text{ Ом}$ , ЭДС источника  $30 \text{ В}$ , сопротивления резисторов  $R_1 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 40 \text{ Ом}$ . Найдите расстояние между пластинами конденсатора.



**Решение.**

Электрический ток через последовательно включённые  $R_1$  и  $C$  не идёт, поэтому напряжения на конденсаторе и на резисторе  $R_2$  одинаковы и равны  $U = IR_2 = Ed$ , где  $E$  – напряжённость поля в конденсаторе. Отсюда  $d = \frac{IR_2}{E}$ .

Согласно закону Ома  $I = \frac{\varepsilon}{R_2 + r}$ , а значит  $d = \frac{\varepsilon R_2}{(R_2 + r)E} = \frac{30 \cdot 40}{(40 + 10) \cdot 24 \cdot 10^3} = 10^{-3} \text{ м}$  или  $1 \text{ мм}$ .

**Ответ:**  $1 \text{ мм}$ .

**Ф7.** Теплоизолированный цилиндр разделён подвижным теплопроводящим поршнем на две части. В одной части цилиндра находится гелий, а в другой – аргон. В начальный момент температура гелия равна  $300^0 \text{ К}$ , а аргона –  $900^0 \text{ К}$ , объёмы, занимаемые газами, одинаковы, а поршень находится в равновесии. Во сколько раз изменится объём, занимаемый гелием, после установления теплового равновесия, если поршень перемещается без трения? Теплоёмкостью цилиндра и поршня пренебречь.

**Решение.**

Гелий и аргон можно описывать моделью идеального одноатомного газа, для которого применимо уравнение Клапейрона–Менделеева  $pV = \nu RT$

Поршень в цилиндре вначале находится в состоянии механического равновесия, так что давления газов в начальный момент совпадают. То же самое можно сказать и про конечный момент времени. В начальный момент объёмы газов одинаковы и равны  $V$ , и уравнение Клапейрона–Менделеева приводит к связи между начальными температурами гелия и аргона  $T_1$  и  $T_2$  и числом молей этих газов  $\nu_1$  и  $\nu_2$ :  $\nu_1 T_1 = \nu_2 T_2$ .

После установления теплового равновесия температура газов равна  $T$ , а объёмы гелия и аргона изменились и стали равны  $V_1$  и  $V_2$  соответственно.

Уравнения Клапейрона–Менделеева в этот момент приводят к соотношению  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2}$ .

Поскольку суммарный объём цилиндра остался неизменным:  $V_1 + V_2 = 2V$ , получаем, что

$$\frac{V_1}{V \frac{1 + \frac{\nu_2}{\nu_1}}{1}} = \frac{2}{1 + \frac{\nu_2}{\nu_1}}. \text{ Учитывая, что } \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{T_1}{T_2}, \text{ получим } \frac{V_1}{V} = 2 \frac{T_2}{T_1 + T_2} = \frac{3}{2} = 1,5$$

**Ответ:** в полтора раза