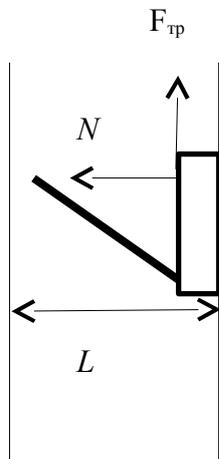


ФИЗИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПАРУСА НАДЕЖДЫ» (11 класс)

ВАРИАНТ 1.

ЗАДАЧА 1.

$$F_{mp}(L-H) + N \sqrt{L^2 - (L-H)^2} = 0$$

$$F_{mp} \leq \mu N$$

$$H^2 - 2LH + \mu^2 L^2 / (1 + \mu^2) \geq 0$$

Т.к. $H > L$ «+» не подходит

$$H \leq L (1 - 1 / \sqrt{1 + \mu^2})$$

$$H = 0,5 (1 - 1 / \sqrt{1 + 0,5^2}) = 0,053 \text{ м} = 53 \text{ мм}$$

ОТВЕТ: 53 мм

ЗАДАЧА 2.

$$F_A + mg = 0.$$

Найдем плотности на уровнях верхней и нижней плоскостей куба.

$$\rho_в = \rho_0 + \alpha H = \rho_0 + \alpha (H_0 - b/2), \quad \rho_н = \rho_0 + \alpha H = \rho_0 + \alpha (H_0 + b/2),$$

где H_0 - расстояние от верха жидкости до центра масс куба, тогда $L = H_0 + b/2$

$$\rho_{cp} = (\rho_в + \rho_н) / 2 = \rho_0 + \alpha H_0$$

$$F_A = \rho_{cp} V g = (\rho_0 + \alpha H_0) b^3 g = mg = \rho b^3 g$$

$$H_0 = (\rho - \rho_0) / \alpha, \quad L = H_0 + b/2 = (\rho - \rho_0) / \alpha + b/2$$

$$L = (0,75 \cdot 10^3 - 0,73 \cdot 10^3) / 5 + 1,0/2 = 4,0 + 0,5 = 4,5 \text{ м}$$

ОТВЕТ: 4,5 м

ЗАДАЧА 3.

Процесс изобарический. Давление газа в положении 1 $p_1 = p_0 + Mg/S$, в положении 2

$p_2 = p_0 - Mg/S$. Тепло, сообщенное газу и изменение внутренней энергией одинаковые в 1 и 2.

$$Q_1 = Q_2 = C_p \nu R \Delta T \quad \Delta U = i \nu R \Delta T / 2, \text{ следовательно работы газа также равны.}$$

$$p_1 \Delta V_1 = p_2 \Delta V_2 \quad (p_0 + Mg/S) S H_1 = (p_0 - Mg/S) S H_2$$

$$H_2 = H_1 (p_0 S + Mg) / (p_0 S - Mg)$$

$$H_2 = 0,05 (10^5 \cdot 10^{-2} + 10 \cdot 9,81) / (10^5 \cdot 10^{-2} - 10 \cdot 9,81) = 0,06 \text{ м}$$

ОТВЕТ: 0,06 м

ЗАДАЧА 4.

$$d_2 = d_1 - a$$

$$\text{Изменение энергии конденсатора } \Delta W = A_{вн.с} + A_{звс} = W_2 - W_1 = \varepsilon^2 (C_2 - C_1) / 2$$

$$A_{звс} = \varepsilon (q_2 - q_1) = \varepsilon^2 (C_2 - C_1)$$

$$A_{вн.с} = \Delta W - A_{звс} = -\varepsilon^2 (C_2 - C_1) / 2$$

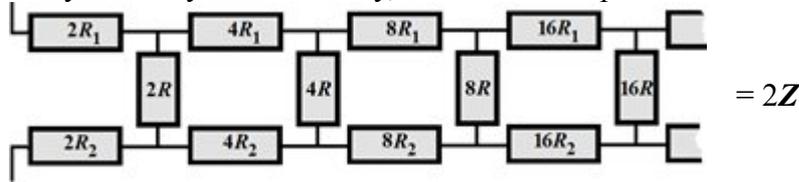
$$A_{вн.с} = -\varepsilon_0 S a \varepsilon^2 / 2d(d-a)$$

$$A_{вн.с} = -8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 600^2 / 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3} = -2,12 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

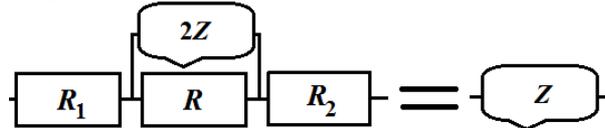
ОТВЕТ: - 2,12 мкДж

ЗАДАЧА 5

Всю цепочку мы можем описывать как некое сопротивление Z . Отбросив левые 3 элемента, мы получим такую же цепочку, только все сопротивления окажутся в 2 раза больше



Сопоставляя этот и исходный рисунки как уравнения, получим



Уравнение, соответствующее схеме, имеет вид: $R_1 + 1 / (1/R + 1/2Z) + R_2 = Z$

Один из корней отрицателен, поэтому

$$Z = \frac{R + 2(R_1 + R_2) + \sqrt{R^2 + 12(R_1 + R_2)R + 4(R_1 + R_2)^2}}{4}$$

Подставляя данные, получим $Z = 12 \text{ Ом}$

ЗАДАЧА 6.

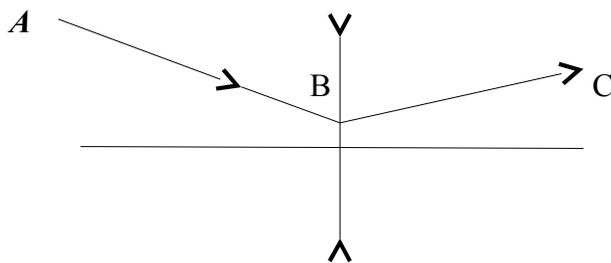
Для циклотрона $T_{эл.} = 1/\nu = T_{част.} = 2\pi m / qB$

$$E_k = (q B R)^2 / 2m = R^2 q B \pi \nu \quad E_k = R^2 q B \pi \nu$$

$$E_k = 2^2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 10^6 = 2,41 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} = 2,41 \cdot 10^{-6} \text{ мкДж}$$

ОТВЕТ: $2,41 \cdot 10^{-6} \text{ мкДж}$

ЗАДАЧА 7.



Решение:

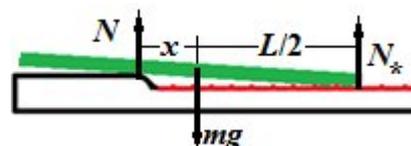
Провести доп. оптическую ось параллельно АВ. На ее пересечении с продолжением ВС в точке К проводим фокальную плоскость.

ФИЗИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПАРУСА НАДЕЖДЫ» (11 класс)

ВАРИАНТ 2.

ЗАДАЧА 1.Решение.

Доска будет скользить как на рисунке, (показано промежуточное положение), причём x будет меняться от 0 до $L/2$. Поскольку порожек имеет малую высоту, то вертикальные силы находим из условия равновесия.



$$N = LN^*/2x \Rightarrow N^* = mg/(1 + L/2x) = 2mgx / (L+2x)$$

Сила трения равна

$$F = -2 \mu mg x / (L + 2x)$$

Работа этой силы на пути от 0 до $L/2$ равна

$$A = - \int_0^{L/2} \frac{2 \mu mg x}{L + 2x} dx$$

Учитывая, что

$$\int \frac{2 \mu mg x}{L + 2x} dx = \mu mg x - \frac{1}{2} \mu mg L \ln(L + 2x)$$

получаем, $A = -\frac{1}{2} \mu mg L \ln(e/2)$

Отсюда (т.к. кинетическая энергия полностью компенсируется работой силы трения)

$$v = (\mu g L \ln(e/2))^{0,5}$$

Ответ: $v = (\mu g L \ln(e/2))^{0,5}$

ЗАДАЧА 2.

$$F_A + mg = 0.$$

Найдем плотности на уровнях верхней и нижней плоскостей куба.

$$\rho_в = \rho_0 + \alpha H = \rho_0 + \alpha (H_0 - b/2), \quad \rho_н = \rho_0 + \alpha H = \rho_0 + \alpha (H_0 + b/2),$$

где H_0 - расстояние от верха жидкости до центра масс куба, тогда $L = H_0 + b/2$

$$\rho_{cp} = (\rho_в + \rho_н) / 2 = \rho_0 + \alpha H_0$$

$$F_A = \rho_{cp} V g = (\rho_0 + \alpha H_0) b^3 g = mg = \rho b^3 g$$

$$H_0 = (\rho - \rho_0) / \alpha, \quad L = H_0 + b/2 = (\rho - \rho_0) / \alpha + b/2$$

$$L = (0,72 \cdot 10^3 - 0,7 \cdot 10^3) / 4 + 1,0/2 = 5,0 + 0,5 = 5,5 \text{ м}$$

ОТВЕТ: 5,5 м

ЗАДАЧА 4.

Процесс изобарический. Давление газа в положении 1 $p_1 = p_0 + Mg/S$, в положении 2

$p_2 = p_0 - Mg/S$. Тепло, сообщенное газу и изменение внутренней энергией одинаковые в 1 и 2.

$$Q_1 = Q_2 = C_p \nu R \Delta T \quad \Delta U = i \nu R \Delta T / 2, \text{ следовательно работы газа также равны.}$$

$$p_1 \Delta V_1 = p_2 \Delta V_2 \quad (p_0 + Mg/S) S H_1 = (p_0 - Mg/S) S H_2$$

$$H_2 = H_1 (p_0 S + Mg) / (p_0 S - Mg)$$

$$H_2 = 0,1 (10^5 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} + 8 \cdot 9,81) / (10^5 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} - 8 \cdot 9,81) = 0,114 \text{ м}$$

ОТВЕТ: 0,114 м

ЗАДАЧА 3.

$$d_2 = d_1 - a$$

$$\text{Изменение энергии конденсатора } \Delta W = A_{вн.с} + A_{эдс} = W_2 - W_1 = \varepsilon^2 (C_2 - C_1) / 2$$

$$A_{\text{эдс}} = \varepsilon (q_2 - q_1) = \varepsilon^2 (C_2 - C_1)$$

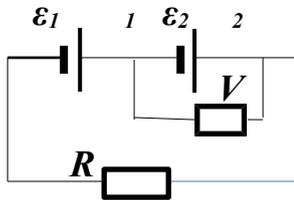
$$A_{\text{вн.с}} = \Delta W - A_{\text{эдс}} = -\varepsilon^2 (C_2 - C_1)/2$$

$$A_{\text{вн.с}} = -\varepsilon_0 S a \varepsilon^2 / 2d(d-a)$$

$$A_{\text{вн.с}} = -8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 400^2 / 2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-3} = -0,25 \text{ мкДж}$$

ОТВЕТ: - 0,25 мкДж

ЗАДАЧА 5



$I(R + 2r) = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$, на участке 1-2 $Ir = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_2$, по условию присоединения вольтметра

$$\Phi_2 > \Phi_1, \quad \varphi_2 - \varphi_1 = U_v$$

$$I = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + 2 U_v) / R \quad I = (8 - 12 + 2 \cdot 4) / 20 = 0,2 \text{ А}$$

ОТВЕТ: 0,2 А

ЗАДАЧА 6.

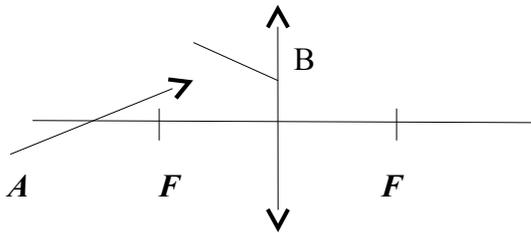
Для циклотрона $T_{\text{эл.}} = 1/\nu = T_{\text{част.}} = 2\pi m / qB$

$$E_k = (q B R)^2 / 2m = R^2 q B \pi \nu \quad E_k = R^2 q B \pi \nu$$

$$E_k = 3^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,2 \cdot 3,14 \cdot 10^7 = 9 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ мкДж}$$

ОТВЕТ: $9 \cdot 10^{-6}$ мкДж

ЗАДАЧА 7.



Решение:

Провести доп.оптическую ось параллельно АВ. Она пересечет фокальную плоскость в точке К.
Через нее провести ВК.