

ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА
ИМ. Е.С. ВЕНТЦЕЛЬ
ПО ПРОФИЛЮ «ФИЗИКА»
2019-2020 УЧ. ГОД

Решения к задачам отборочного этапа

11 класс

Задание 1.

S – расстояние Нижний Новгород – Астрахань

V_n – скорость парохода в стоячей воде

V_T - скорость течения

$T_{пл}$ - ?

Решение:

$$T_T = 5_{сут}$$

$$T_0 = 7_{сут}$$

$$S = (V_n + V_T)T_T$$

$$S = (V_n - V_T)T_0$$

$$S/T_T - S/T_0 = 2V_T$$

$$T_{пл} = S/V_T = 2 / (1/T_T - 1/T_0) = 2T_T T_0 / (T_0 - T_T) = 35 \text{ сут.}$$

Ответ: 35 сут.

Задание 2.

$$P = 10^6 \text{ кг}$$

$$V_1 = 36 \text{ км/ч}$$

$$V_2 = 54 \text{ км/ч}$$

$$\sin \alpha_1 = 0.005$$

$$\sin \alpha_2 = 0.0025$$

$$N = \text{const}$$

$$F_{\text{сопр}} = \text{const}$$

$$V_3 - ?$$

Решение:

$$F_{\text{сопр}} + p \sin \alpha_1 = F_T$$

$$N = (F_{\text{сопр}} + p \sin \alpha_1) V_1$$

$$N = (F_{\text{сопр}} + p \sin \alpha_2) V_2$$

$$N = F_{\text{сопр}} V_3$$

$$F_{\text{сопр}} V_1 + V_1 p \sin \alpha_1 = F_{\text{сопр}} V_2 + V_2 p \sin \alpha_2$$

$$F_{\text{сопр}} = p(V_1 \sin \alpha_1 - V_2 \sin \alpha_2) / (V_2 - V_1) = 2500 \text{ кг}$$

$$F_{\text{сопр}} V_3 = (F_{\text{сопр}} + p \sin \alpha_1) V_1$$

$$V_3 = V_1 (1 + p \sin \alpha_1 / F_{\text{сопр}}) = 30 \text{ м/с} = 60 \text{ км/ч}$$

Ответ: 60 км/ч

Задание 3.

$$m = 600 \text{ кг}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$V = 600 \text{ м}^3$$

$$V_0 = 0$$

$$T = 10 \text{ с}$$

$$\rho = 1.3 \text{ кг/м}^3$$

A-?

Решение:

$$m_{\text{воздуха}} = V \rho$$

$$m_{\text{воздуха}} = 780 \text{ кг}$$

$$F_A = m_{\text{воздуха}} g = 7800 \text{ Н}$$

$$F_p = F_A - mg = 1800 \text{ Н}$$

$$a = F_p / m = 3 \text{ м/с}^2$$

$$h = at^2 / 2$$

$$h = 150 \text{ м}$$

$$A = F_p h = 270 \text{ кДж}$$

Ответ: 270 кДж

Задание 4.

$$C = 4\pi \epsilon \epsilon_0 R$$

$$R_1 = 0.1 \text{ м}$$

$$R_2 = 0.3 \text{ м}$$

$$q_1 = 6 \text{ нКл}$$

$$q_2 = 70 \text{ нКл}$$

$$q'_1 - ?$$

$$q'_2 - ?$$

Решение:

Условие равновесия зарядов – равенство потенциалов шаров

$$q'_1/c_1 = q'_2/c_2$$

$$q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2$$

$$q'_1/R_1 = q'_2/R_2$$

$$q'_1 = (R_1/R_2)q'_2$$

$$(R_1/R_2 + 1)q'_2 = q_1 + q_2$$

$$q'_2 = (q_1 + q_2)R_2 / (R_1 + R_2) = 57 \text{ нКл}$$

$$q'_1 = q_1 + q_2 - q'_2 = 19 \text{ нКл}$$

Ответ: $q'_2 = 56,25 \text{ нКл} \approx 56$

Задание 5.

$$E = 100 \text{ В/м}$$

$$L = 0,1 \text{ м}$$

$$B = 50 \text{ Тл}$$

$$R = 1 \text{ см.}$$

$$q/m - ?$$

Решение:

$$U = EL$$

$$qU = qEL = mV^2/2$$

$$qB = m\sqrt{(2qEL/m)}/R$$

$$q^2B^2 = 2m^2qEL/R^2m$$

$$q/m = 2EL/(R^2B^2) = 80 \text{ Кл/кг}$$

Ответ: 80 Кл/кг

Задание 6.

$$S = 45 \text{ км}$$

$$R = 900 \text{ Ом}$$

$$U = 16 \text{ В}$$

$$I = 0,04 \text{ А}$$

$$L - ?$$

Решение:

$r_{уд}$ = сопротивление 1 км линии

$$R = U/I = 400 \text{ Ом}$$

$$R = S r_{уд}$$

$$R_1 = L r_{уд}$$

$$R / R_1 = S / L$$

$$L = S R_1 / R = 20 \text{ км}$$

Ответ: 20 км

Задание 7.

$$\varepsilon = 100 \text{ В}$$

$$R = 10 \text{ Ом}$$

$$r = 5 \text{ Ом}$$

$$T = 600 \text{ с}$$

$$\lambda = 2.2 \text{ МДж/кг}$$

m - ?

Решение:

из формул

$$Q = I^2 R t, \quad I = \varepsilon / (R + r), \quad I_1 = \varepsilon / (2R + r)$$

получаем

$$\varepsilon^2 R T / (R + r)^2 = \varepsilon^2 R T / (2R + r)^2 + \lambda m$$

$$m = \varepsilon^2 R T (1 / (R + r)^2 - 1 / (2R + r)^2) / \lambda$$

$$m = 0.08 \text{ кг}$$

Ответ: 0,08кг

Задание 8.

$$d = 0.6 \text{ мм}$$

$$d_1 = 0.15 \text{ мм}$$

$$d_2 = 0.3 \text{ мм}$$

$$\varepsilon = 30$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

$$s = 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$U = 60 \text{ В}$$

Решение:

До удаления:

$$C_1 = \epsilon_0 s / d_1$$

$$C_2 = \epsilon \epsilon_0 s / d_2$$

$$C_3 = \epsilon_0 s / d_1$$

$$1/c_{\text{общ}} = 2/c_1 + 1/c_2$$

$$C_{\text{общ}} = C_1 C_2 / (C_1 + 2C_2)$$

$$W_1 = C_{\text{общ}} U^2 / 2 = C_1 C_2 U^2 / (2(C_1 + 2C_2))$$

$$C_{\text{общ1}} = \epsilon_0 s / d$$

$$W_2 = C_{\text{общ1}} U^2 / 2,$$

После удаления:

$$A = W_1 - W_2$$

$$A = 0,25 \cdot \text{мкДж}$$

Ответ: 0,25 мкДж

Задание 9.

$$E = 31 \text{ В}$$

$$R_1 = 10 \text{ Ом}$$

$$r = 1 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 20 \text{ Ом}$$

$$C_1 = 10 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1, -?$$

Решение:

Напряжение U на большем сопротивлении выражается формулой:

$$U = ER_2 / (R_1 + R_2 + r)$$

$$U_1 C_1 = U_2 C_2$$

$$U_1 + U_2 = U$$

$$U_1 = U - U_2$$

$$C_1 (U - U_2) = U_2 C_2$$

$$U_2 = C_1 U / (C_1 + C_2)$$

$$U_1 = C_2 U / (C_1 + C_2)$$

$$U = 20 \text{ В}, U_1 = 16 \text{ В}, U_2 = 4 \text{ В}$$

Ответ: 16 В

Задание 10.

$$d=1\text{мкм}$$

$$l=1\text{м}$$

$$\lambda_1=600\text{нм}$$

$$\lambda_2=610\text{нм}$$

$$\Delta_1=?$$

Решение:

$$d\sin\phi_1=\lambda_1$$

$$d\sin\phi_2=\lambda_2$$

при малых углах приближённо

$$\text{tg}\phi=\sin\phi$$

$$\Delta_1=l\text{tg}\phi_2-l\text{tg}\phi_1=l\sin\phi_2-l\sin\phi_1=l(\lambda_2-\lambda_1)/d=1\text{см}$$

Ответ: 1 см