

Олимпиада Физтех-2013. Физика. Решения. (17 марта, Долгопрудный)**Билет 1**

1. Пусть жёсткость пружины k , масса бруска m . По условию сила трения $F_{TP} = k \frac{2}{3}x$, $mg = k2x$.

1) Отрыв наступит, когда уменьшающаяся сила упругости пружины сравняется с силой трения: $kx_{OTP} = k \frac{2}{3}x$. Отсюда деформация пружины при отрыве $x_{OTP} = \frac{2}{3}x$.

2) По ЗСЭ $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kx_{OTP}^2 + \frac{1}{2}mV^2 + F_{TP}(x - x_{OTP})$. С учётом выражений для F_{TP} , mg и x_{OTP} получаем скорость бруска при отрыве тележки $V = \frac{\sqrt{2}}{6}\sqrt{gx}$.

3) По ЗСИ $mV = (3m + m)u$. Скорость тележки $u = \frac{1}{4}V = \frac{\sqrt{2}}{24}\sqrt{gx}$.

2. 1) Уравнение состояния для азота $\left(P + \frac{Mg}{S}\right)V_0 = \frac{m_1}{\mu_a}RT$. Здесь $P \approx 10^5$ Па. $M = \frac{S}{g}\left(\frac{m_1RT}{\mu_a V_0} - P\right) \approx 12$ кг.

2) Для пара $PV_0 = \frac{m - \alpha V_0 \rho}{\mu_B}RT$. Доля объёма V_0 , занимаемая водой $\alpha = \frac{1}{V_0 \rho}\left(m - \frac{PV_0 \mu_B}{RT}\right) \approx 1,4 \cdot 10^{-3}$.

3. 1) Скорость ручки $V = 2\pi n\rho$. Мощность человека $P = FV = 2\pi n\rho F \approx 10$ Вт.

2) По ЗСЭ $P = 0,2P + I^2R + UI$. Отсюда напряжение на зажимах динамомашин $U = \frac{0,8P - I^2R}{I} \approx 7$ В.

4. 1) $Q_{3R} = \frac{1}{18}C\varepsilon^2 \frac{3R}{3R + R} = \frac{1}{24}C\varepsilon^2$.

2) Пусть при замкнутом ключе ток в цепи I , а заряд верхней обкладки конденсатора q_1 . Тогда $\varepsilon - \frac{q_1}{C} = IR$. Отсюда $q_1 = C(\varepsilon - IR)$. После размыкания ключа в установившемся режиме напряжение на конденсаторе ε , заряд верхней обкладки конденсатора $C\varepsilon$. Работа источника $A = (C\varepsilon - q_1)\varepsilon = CIR\varepsilon$.

Изменение энергии конденсатора $\Delta W_C = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{q_1^2}{2C} = CIR\varepsilon - \frac{CI^2R^2}{2}$. По ЗСЭ $A = \Delta W_C + Q$, где

$Q = \frac{1}{18}C\varepsilon^2$. С учётом выражений для A и ΔW_C получаем $\frac{C(IR)^2}{2} = Q$. Отсюда $I = \sqrt{\frac{2Q}{CR^2}} = \frac{\varepsilon}{3R}$.

5. Для фотоаппарата предметом будет изображение монеты после выхода лучей из жидкости. Это изображение будет на расстоянии $\frac{H}{n}$ от поверхности жидкости. Его размер равен размеру монеты.

1) Пусть Γ - поперечное увеличение в объективе, f - расстояние от объектива до изображения в фотоаппарате. Имеем $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, $\frac{f}{d} = \Gamma = \frac{1}{k}$. Отсюда $d = F(k + 1) = 11F = 55$ см.

2) $h + \frac{H}{n} = d$. Тогда $n = \frac{H}{d - h} = \frac{H}{F(k + 1) - h} = 1,5$.

Билет 2

1. По условию сила трения $F_{TP} = k \frac{3}{4}x$, $mg = k3x$. 1) $x_{OTP} = \frac{3}{4}x$. 2) $V = \frac{\sqrt{3}}{12}\sqrt{gx}$. 3) $u = \frac{1}{3}V = \frac{\sqrt{3}}{36}\sqrt{gx}$.

2. 1) Для азота $\left(P + \frac{m_0g}{S}\right)V_0 = \frac{m_1}{\mu_a}RT$. Здесь $P \approx 10^5$ Па. Отсюда $S = \frac{m_0g}{\frac{m_1RT}{\mu_a V_0} - P} \approx 5,7$ см².

2) Уравнение состояния для пара $PV_0 = \frac{m - \alpha V_0 \rho}{\mu_B}RT$. Отсюда $\alpha = \frac{1}{V_0 \rho}\left(m - \frac{PV_0 \mu_B}{RT}\right) \approx 1,9 \cdot 10^{-3}$.

3. 1) Сила $F = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 380$ Н.

2) По ЗСЭ $UI = 0,16UI + I^2R + FV$. Отсюда напряжение $U = \frac{FV + I^2R}{0,84I} \approx 24$ В.

4. 1) $Q_{4R} = \frac{1}{72} C \varepsilon^2 \frac{4R}{4R+R} = \frac{1}{90} C \varepsilon^2$.

2) Пусть при замкнутом ключе ток в цепи I , а заряд верхней обкладки конденсатора q_1 . Тогда $\varepsilon - \frac{q_1}{C} = -IR$. Отсюда $q_1 = C(\varepsilon + IR)$. После размыкания ключа в установившемся режиме напряжение на конденсаторе ε , заряд верхней обкладки $C\varepsilon$. Работа источника $A = (C\varepsilon - q_1)\varepsilon = -CIR\varepsilon$. Изменение энергии конденсатора $\Delta W_C = \frac{C\varepsilon^2}{2} - \frac{q_1^2}{2C} = -CIR\varepsilon - \frac{CI^2R^2}{2}$. По ЗСЭ $A = \Delta W_C + Q$, где $Q = \frac{1}{72} C \varepsilon^2$.

С учётом выражений для A и ΔW_C получаем $\frac{C(IR)^2}{2} = Q$. Отсюда $I = \sqrt{\frac{2Q}{CR^2}} = \frac{\varepsilon}{6R}$.

5. 1) $k = \frac{d-F}{F} = 40$. 2) $d-h = \frac{H}{n}$. Тогда $H = n(d-h) = 140$ см.

Билет 3

1. По условию сила трения $F_{TP} = k \frac{1}{3} x$, $mg = k \frac{4}{3} x$. 1) $x_{OTP} = \frac{x}{3}$. 2) $V = \frac{\sqrt{3}}{3} \sqrt{gx}$. 3) $u = \frac{1}{5} V = \frac{\sqrt{3}}{15} \sqrt{gx}$.

2. 1) Для азота $\left(P + \frac{Mg}{S}\right) V_0 = \frac{m_a}{\mu_a} RT$. Здесь $P \approx 10^5$ Па. Отсюда $m_a = \left(P + \frac{Mg}{S}\right) \frac{V_0 \mu_a}{RT} \approx 2$ г.

2) Уравнение состояния для пара $PV_0 = \frac{m - \alpha V_0 \rho}{\mu_B} RT$. Отсюда $\alpha = \frac{1}{V_0 \rho} \left(m - \frac{PV_0 \mu_B}{RT}\right) \approx 2,4 \cdot 10^{-3}$.

3. 1) Сила тяги $F = mg \sin \alpha + kmg \approx mg(\alpha + k) \approx 3,1$ кН.

2) По ЗСЭ $UI = 0,15UI + I^2R + FV$. Отсюда напряжение $U = \frac{FV + I^2R}{0,85I} \approx 550$ В.

4. 1) $Q_{2R} = \frac{2}{9} C \varepsilon^2 \frac{2}{5} = \frac{4}{45} C \varepsilon^2$. 2) $I = \sqrt{\frac{2Q}{C(2R)^2}} = \frac{\varepsilon}{3R}$.

5. 1) $f = (\Gamma + 1)F = \left(\frac{1}{k} + 1\right)F = 9,3$ см. 2) $h + \frac{H}{n} = d$, $d = \left(\frac{1}{\Gamma} + 1\right)F = (k+1)F$. $h = (k+1)F - \frac{H}{n} = 180$ см.

Билет 4

1. По условию сила трения $F_{TP} = k \frac{1}{2} x$, $mg = k \frac{5}{2} x$. 1) $x_{OTP} = \frac{x}{2}$. 2) $V = \frac{\sqrt{10}}{10} \sqrt{gx}$. 3) $u = \frac{1}{6} V = \frac{\sqrt{10}}{60} \sqrt{gx}$.

2. 1) Для азота $\left(P + \frac{m_0 g}{S}\right) V_0 = \frac{m_1}{\mu_a} RT$. Отсюда $P = \frac{m_1}{\mu_a} \frac{RT}{V_0} - \frac{m_0 g}{S} \approx 0,7 \cdot 10^5$ Па.

2) Уравнение состояния для пара $PV_0 = \frac{m - \alpha V_0 \rho}{\mu_B} RT$. Отсюда $\alpha = \frac{1}{V_0 \rho} \left(m - \frac{PV_0 \mu_B}{RT}\right) \approx 1,1 \cdot 10^{-3}$.

3. 1) Мощность тепловых потерь $P = I^2R = 0,09$ Вт.

2) По ЗСЭ $mgV = UI + 0,2UI + I^2R$. Напряжение на зажимах генератора $U = \frac{mgV - I^2R}{1,2I} \approx 2,5$ В.

4. 1) $Q_{5R} = \frac{1}{18} C \varepsilon^2 \frac{5}{7} = \frac{5}{126} C \varepsilon^2$. 2) $I = \sqrt{\frac{2Q}{C(2R)^2}} = \frac{\varepsilon}{6R}$.

5. 1) $k = \frac{F}{f-F} = 20$. 2) $h = d + \left(H - \frac{H}{n}\right) = \frac{Ff}{f-F} + H \frac{n-1}{n} = 156$ см.