

Олимпиада Физтех-2013. Физика. Решения. (17 марта, Выезд)

Билет 5

1. Пусть жёсткость пружины k , масса бруска m . Максимальная сила трения $F_{TP} = k \frac{3}{4} x$, $mg = k \frac{x}{7}$.

1) Отрыв наступит, когда увеличивающаяся сила упругости сжатой пружины сравняется с максимальной силой трения: $kx_{OTP} = k \frac{3}{4} x$. Отсюда деформация пружины при отрыве $x_{OTP} = \frac{3}{4} x$.

2) По ЗСЭ $\frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} kx_{OTP}^2 + \frac{1}{2} mV^2$. С учётом выражений для F_{TP} , mg и x_{OTP} получаем скорость бруска при отрыве доски $V = \frac{7}{4} \sqrt{gx}$.

2. Пусть v_1 - количество пара в конце, P , V , T - начальные давление, объём и температура пара.

Работа $A = P \left(V - \frac{V}{2} \right) = \frac{PV}{2}$. Уравнение состояния для пара в начале и в конце: $PV = (v_1 + v) RT$,

$P \frac{V}{2} = v_1 R \frac{9}{10} T$. Из записанных уравнений $A = \frac{9}{8} v RT$.

3. На внутренней поверхности полого шара будет заряд $-Q$, на внешней - заряд $3Q$. $\varphi_1 = k \frac{Q}{R}$,

$\varphi_2 = k \frac{Q}{R} + k \frac{-Q}{2R} + k \frac{3Q}{3R} = \frac{3}{2} k \frac{Q}{R}$. Отсюда $\varphi_2 = \frac{3}{2} \varphi_1 = 300$ В.

4. 1) $Q_{2R} = \frac{2}{9} C \varepsilon^2 \frac{2R}{2R+3R} = \frac{4}{45} C \varepsilon^2$.

2) Пусть при замкнутом ключе ток в цепи I , а заряд верхней обкладки конденсатора q_1 . Пусть ε_1 - неизвестная ЭДС. Тогда $\varepsilon_1 - \frac{q_1}{C} = -I2R$. Отсюда $q_1 = C(\varepsilon_1 + 2IR)$. После размыкания ключа в установившемся режиме напряжение на конденсаторе ε_1 , заряд верхней обкладки $C\varepsilon_1$. Работа источника $A = (C\varepsilon_1 - q_1)\varepsilon_1 = -2CIR\varepsilon_1$. Изменение энергии конденсатора

$\Delta W_C = \frac{C\varepsilon_1^2}{2} - \frac{q_1^2}{2C} = -2CIR\varepsilon_1 - 2CI^2R^2$. По ЗСЭ $A = \Delta W_C + Q$, где $Q = \frac{2}{9} C \varepsilon^2$.

С учётом выражений для A и ΔW_C получаем $2CI^2R^2 = Q$. Отсюда $I = \sqrt{\frac{Q}{2CR^2}} = \frac{\varepsilon}{3R}$.

5. 1) $\frac{1}{d} + \frac{1}{2d} = \frac{1}{F}$. $F = \frac{2}{3} d = 10$ см.

2) Изображение в линзе располагается внутри пластины на расстоянии $\frac{h}{n}$ от ближайшей к линзе поверхности пластины. $l + \frac{h}{n} = 2d$. Отсюда $l = 2d - \frac{h}{n} = 24$ см.

Билет 6

1. Пусть жёсткость пружины k , масса бруска m . Максимальная сила трения $F_{TP} = k \frac{4}{5} x$, $mg = k \frac{x}{9}$.

1) Отрыв наступит, когда увеличивающаяся сила упругости растянутой пружины сравняется с максимальной силой трения: $kx_{OTP} = k \frac{4}{5} x$. Отсюда деформация пружины при отрыве $x_{OTP} = \frac{4}{5} x$.

2) По ЗСЭ $\frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} kx_{OTP}^2 + \frac{1}{2} mV^2$. С учётом выражений для F_{TP} , mg и x_{OTP} получаем скорость бруска при отрыве доски $V = \frac{9}{5} \sqrt{gx}$.

2. Пусть v_1 - начальное количество пара. Работа $A = P(2,5V - V) = 1,5PV$. Уравнение состояния для пара в начале и в конце: $PV = v_1RT$, $P \cdot 2,5V = (v_1 + v)R \cdot 1,5T$. Из записанных уравнений $A = \frac{9}{4}vRT$.

3. $\varphi_1 = k \frac{Q}{R}$, $\varphi_2 = k \frac{Q}{R} + k \frac{-Q}{3R} + k \frac{4Q}{4R} = \frac{5}{3}k \frac{Q}{R}$. Отсюда $\varphi_2 = \frac{5}{3}\varphi_1 = 500$ В.

4. 1) $Q_{4R} = \frac{1}{18}C\varepsilon^2 \frac{4R}{4R+2R} = \frac{1}{27}C\varepsilon^2$.

2) Пусть при замкнутом ключе ток в цепи I , а заряд верхней обкладки конденсатора q_1 . Пусть ε_1 - неизвестная ЭДС. Тогда $\varepsilon_1 - \frac{q_1}{C} = I2R$. Отсюда $q_1 = C(\varepsilon_1 - 2IR)$. После размыкания ключа в установившемся режиме напряжение на конденсаторе ε_1 , заряд верхней обкладки конденсатора $C\varepsilon_1$. Изменение энергии конденсатора $\Delta W_C = \frac{C\varepsilon_1^2}{2} - \frac{q_1^2}{2C} = 2CIR\varepsilon_1 - 2CI^2R^2$. Работа источника $A = (C\varepsilon_1 - q_1)\varepsilon_1 = 2CIR\varepsilon_1$. По ЗСЭ $A = \Delta W_C + Q$, где $Q = \frac{1}{18}C\varepsilon^2$. С учётом выражений для A и ΔW_C

получаем $2CI^2R^2 = Q$. Отсюда $I = \sqrt{\frac{Q}{2CR^2}} = \frac{\varepsilon}{6R}$.

5. 1) $\frac{1}{d} + \frac{1}{d/3} = \frac{1}{F}$. $d = 4F = 48$ см. 2) $l + \frac{h}{n} = \frac{d}{3}$. Тогда $n = \frac{h}{d/3 - l} = \frac{h}{4F/3 - l} = 1,6$.

Билет 7

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

2. Работа $A = P\left(V - \frac{V}{3}\right) = \frac{2PV}{3}$. Уравнение состояния для пара в начале и в конце: $PV = (v_1 + v)RT$,

$P \frac{V}{3} = v_1R \cdot 0,8T$. Из записанных уравнений $A = \frac{8}{7}vRT$.

3. $\varphi_1 = k \frac{Q}{R}$, $\varphi_2 = k \frac{Q}{R} + k \frac{-Q}{4R} + k \frac{5Q}{5R} = \frac{7}{4}k \frac{Q}{R}$. Отсюда $\varphi_2 = \frac{7}{4}\varphi_1 = 700$ В.

4. 1) $Q_{3R} = \frac{1}{18}C\varepsilon^2 \frac{3}{4} = \frac{1}{24}C\varepsilon^2$. 2) $I = \sqrt{\frac{2Q}{CR^2}} = \frac{\varepsilon}{3R}$.

5. 1) $\frac{1}{2f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. $F = 20$ см. $f = \frac{3}{2}F = 30$ см. 2) $l + \frac{h}{n} = f$. Тогда $h = n(f - l) = n\left(\frac{3}{2}F - l\right) = 6$ см.

Билет 8

1. По условию максимальная сила трения $F_{TP} = k \frac{5}{6}x$, $mg = k \frac{4}{11}x$. 1) $x_{отр} = \frac{5}{6}x$. 2) $V = \frac{11}{12}\sqrt{gx}$.

2. Пусть v_1 - начальное количество пара. Работа $A = P(4V - V) = 3PV$. Уравнение состояния для пара в начале и в конце: $PV = v_1RT$, $P \cdot 4V = (v_1 + v)R \frac{5}{4}T$. Из записанных уравнений $A = \frac{15}{11}vRT$.

3. $\varphi_1 = k \frac{Q}{R}$, $\varphi_2 = k \frac{Q}{R} + k \frac{-Q}{5R} + k \frac{7Q}{7R} = \frac{9}{5}k \frac{Q}{R}$. Отсюда $\varphi_2 = \frac{9}{5}\varphi_1 = 900$ В.

4. 1) $Q_R = \frac{1}{72}C\varepsilon^2 \frac{1}{5} = \frac{1}{360}C\varepsilon^2$. 2) $I = \sqrt{\frac{2Q}{CR^2}} = \frac{\varepsilon}{6R}$.

5. 1) $\frac{1}{f/3} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. $F = \frac{f}{4} = 16$ см. 2) $l + \frac{h}{n} = f$. $h = n(f - l)$. $x = l + h = l + n(f - l) = 68$ см.