Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 11-05

1. 1) $mV_1 + mV_2 = mu_1 + mu_2$, $\frac{1}{2}mV_1^2 + \frac{1}{2}mV_2^2 = \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2$. Отсюда $u_1 = V_2 = 0,2$ м/с. $u_2 = V_1 = 1$ м/с. Обе скорости направо.

2) Для обруча 1 в его системе центра масс касательное ускорение можно найти из ЗСЭ или уравнения моментов: $a_\tau = \mu g$. Нормальное ускорение $a_n = \frac{V_1^2}{R}$. Ускорение центра масс $a = \mu g$ (см. рис.).

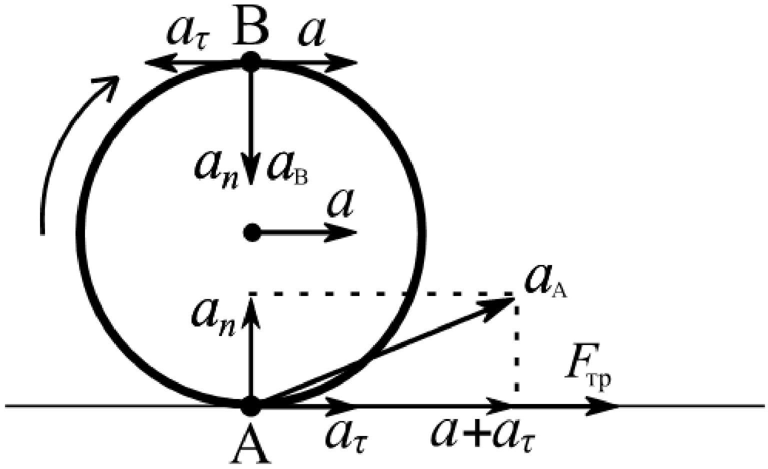
$a_B = \frac{V_1^2}{R}$, $a_A = \sqrt{(2\mu g)^2 + \left(\frac{V_1^2}{R}\right)^2}$, $a_A = \sqrt{5}a_B$. Отсюда $\mu = \frac{V_1^2}{gR} = 0,2$.

3) Для обруча 1. Для поступательного движения $w_1 = V_2 + \mu g t_1$, для вращательного движения $w_1 = V_1 - \mu g t_1$. Отсюда

$w_1 = \frac{1}{2}(V_1 + V_2) = 0,6$ м/с.

Для обруча 2. Для поступательного движения $w_2 = V_1 - \mu g t_2$, для вращательного движения $w_2 = V_2 + \mu g t_2$. Отсюда

$w_2 = \frac{1}{2}(V_1 + V_2) = 0,6$ м/с.



2. 1) $\frac{P_{НАС}(T_P)}{P_{НАС}(T_0)} = \varphi_0$. $\ln\frac{P_{НАС}(T_P)}{P_{НАС}(T_0)} = \ln\varphi_0 = \ln 2 - \ln 5 \approx -0,9$. Из графика этому соответствует

$\ln\frac{T_P}{T_0} \approx -0,05$. Так как $\ln\frac{T_P}{T_0} = \ln\left(1 + \frac{T_P - T_0}{T_0}\right) \approx \frac{T_P - T_0}{T_0}$, то $T_P = 0,95T_0 = 285$ К. $t_P = 12\,^0C$. Допустимые пределы $10,5\,^0C \le t_P \le 13,5\,^0C$.

2) По условию $P(T) = \alpha T^5$, $\varphi_0 P_{НАС}(T_0) = \alpha T_0^5$. $\ln\frac{P(T)}{\varphi_0 P_{НАС}(T_0)} = 5\ln\frac{T}{T_0}$. $\ln\frac{P(T)}{P_{НАС}(T_0)} = -0,9 + 5\ln\frac{T}{T_0}$ (1).

Конденсация начнется на той высоте *h*, для которой $P(T)$ станет давлением насыщенного пара. Это произойдет при некоторой температуре $T_1 = T_0 - \beta h$. Точка пересечения прямой (1) с графиком дает

$\ln\frac{T_1}{T_0} \approx -0,065$. Так как $\ln\frac{T_1}{T_0} = \ln\frac{T_0 - \beta h}{T_0} \approx -\frac{\beta h}{T_0}$, то это соответствует высоте

$h = 0,065\frac{T_0}{\beta} \approx \frac{19,5}{7} \approx 2,8$ (км). Допустимые пределы $2,5\text{ км} \le h \le 3,1\text{км}$.

Типичный неверный ответ $h_{НЕВ} = \frac{T_0 - T_P}{\beta} = \frac{15}{7} \approx 2,14$ км.

3) Образование льда при θ =273 К. $\theta = T_1 - \beta_0 H = (T_0 - \beta h) - \beta_0 H$.

$H = \frac{T_0 - \beta h - \theta}{\beta_0} = \frac{T_0 - \theta - 0,065T_0}{\beta_0} = \frac{7,5}{5} = 1,5$ (км). Допустимые пределы $1,1\text{ км} \le H \le 1,9\text{км}$.

3. 1) Сразу после удаления $Q = C\varepsilon E, \quad U = Q/C = \varepsilon E > E$. $A = \dfrac{Q^2}{2C} - \dfrac{\varepsilon CE^2}{2} = \dfrac{CE^2}{2}\varepsilon(\varepsilon - 1)$.

2) $I_0 = \dfrac{\varepsilon E - E}{R_2 + R_3} = \dfrac{(\varepsilon - 1)E}{R_2 + R_3}$.

3) Для левого контура $E - L\dfrac{dI}{dt} - E = I_0 R_2$. $\dfrac{dI}{dt} = -\dfrac{(\varepsilon - 1)E}{L}\dfrac{R_2}{R_2 + R_3} < 0$. $\left|\dfrac{dI}{dt}\right| = \dfrac{(\varepsilon - 1)E}{L}\dfrac{R_2}{R_2 + R_3}$.

4) $A_{ИСТ} = \Delta W_C + W$. $\Delta W_C = \dfrac{1}{2}CE^2 - \dfrac{C(\varepsilon E)^2}{2} = \dfrac{1}{2}CE^2\left(1 - \varepsilon^2\right) < 0$. Заряд через источник

$\Delta q = (C_1 + C)E - (C_1 E + C\varepsilon E) = CE(1 - \varepsilon) < 0$. $A_{ИСТ} = \Delta q E = CE^2(1 - \varepsilon) < 0$. $W = \dfrac{1}{2}CE^2(\varepsilon - 1)^2$.

4. 1) $E_0 = \dfrac{mV_0^2}{2}$, $qV_0 B = \dfrac{mV_0^2}{R_0}$. $R_0 = \dfrac{\sqrt{2mE_0}}{qB}$.

2) Угловая скорость $\omega = \dfrac{qB}{m}$ остается постоянной. $\Delta\left(\dfrac{mV^2}{2}\right) = -P\Delta t$, $P = \dfrac{q^2 a^2}{6\pi\varepsilon_0 c^3}$, $a = \dfrac{V^2}{R} = \omega^2 R$.

$m\Delta R = -\dfrac{q^2\omega^2}{6\pi\varepsilon_0 c^3}R\Delta t$. $m\Delta R = -\dfrac{q^2\omega}{6\pi\varepsilon_0 c^3}\Delta L$. $L = -\dfrac{6\pi\varepsilon_0 c^3 m^2}{q^3 B}\left(\dfrac{R_0}{3} - R_0\right) = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 c^3 m^2\sqrt{2mE_0}}{q^4 B^2}$.

3) $\Phi = \pi R^2 B$, $qVB = \dfrac{mV^2}{R}$. $\Phi = \dfrac{2\pi m}{q^2 B}E$. $\Delta\Phi = \dfrac{2\pi m}{q^2 B}\Delta E$, $\Delta E = -h\nu = -h\dfrac{\omega}{2\pi} = -h\dfrac{qB}{2\pi m}$. $\Delta\Phi = -\dfrac{h}{q}$.

$|\Delta\Phi| = \dfrac{h}{q}$.

5. 1) Пусть есть два параллельных зеркала. Если одно из зеркал повернуть на угол δ, то после двукратного отражения вышедший луч повернется на угол 2δ. Итак, $\beta = 2\varphi = 1,08$ рад.

2) Если $\Delta / F = \gamma$, то $\alpha = \gamma/2 = 0,05$ рад.

3) Когда изображения совпадают, угол между зеркалами $\varphi_1 = \varphi + \gamma/2$. Тогда угол поворота луча от звезды будет как раз θ. $\theta = 2\varphi_1 = 2\varphi + \gamma = 2\varphi + \Delta / F = 1,18$ рад.

Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 11-06

1. 1) $mV_1 - mV_2 = mu_1 + mu_2$, $\frac{1}{2}mV_1^2 + \frac{1}{2}mV_2^2 = \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2$. Отсюда $u_1 = -V_2$, $u_2 = V_1$.

$|u_1| = V_2 = 0,4$ м/с, налево. $u_2 = 0,6$ м/с, направо.

2) Для обруча 1 в его системе центра масс касательное ускорение можно найти из ЗСЭ или уравнения моментов: $a_\tau = \mu g$. Нормальное ускорение $a_n = \frac{V_1^2}{R}$. Ускорение центра масс $a = \mu g$ (см. рис.).

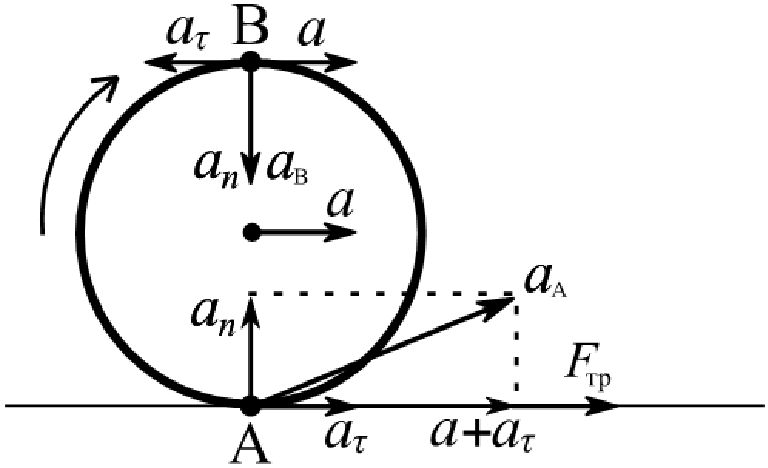
$a_B = \frac{V_1^2}{R}$, $a_A = \sqrt{(2\mu g)^2 + \left(\frac{V_1^2}{R}\right)^2}$, $a_A = \sqrt{10}a_B$. Отсюда $\mu = \frac{3}{2}\frac{V_1^2}{gR} = 0,18$.

3) Для обруча 1. Для поступательного движения $w_1 = -V_2 + \mu g t_1$, для вращательного движения $w_1 = V_1 - \mu g t_1$.

Отсюда $w_1 = \frac{1}{2}(V_1 - V_2) = 0,1$ м/с.

Для обруча 2. Для поступательного движения $w_2 = V_1 - \mu g t_2$, для вращательного движения $w_2 = -V_2 + \mu g t_2$. Отсюда

$w_2 = \frac{1}{2}(V_1 - V_2) = 0,1$ м/с.



2. 1) $\frac{P_{HAC}(T_P)}{P_{HAC}(T_0)} = \varphi_0$.

$\ln\frac{P_{HAC}(T_P)}{P_{HAC}(T_0)} = \ln\varphi_0 = 4\ln 2 - 2\ln 5 \approx -0,4$. Из графика этому соответствует $\ln\frac{T_P}{T_0} \approx -0,022$. Так как $\ln\frac{T_P}{T_0} = \ln\left(1 + \frac{T_P - T_0}{T_0}\right) \approx \frac{T_P - T_0}{T_0}$, то $T_P = 0,978T_0 \approx 293,4$ К. $t_P = 20,4\,^0C$. Допустимые пределы $19,5\,^0C \le t_P \le 21,5\,^0C$.

2) По условию $P(T) = \alpha T^4$, $\varphi_0 P_{HAC}(T_0) = \alpha T_0^4$. $\ln\frac{P(T)}{\varphi_0 P_{HAC}(T_0)} = 4\ln\frac{T}{T_0}$. $\ln\frac{P(T)}{P_{HAC}(T_0)} = -0,4 + 4\ln\frac{T}{T_0}$ (1).

Конденсация начнется на той высоте h, для которой $P(T)$ станет давлением насыщенного пара. Это произойдет при некоторой температуре $T_1 = T_0 - \beta h$. Точка пересечения прямой (1) с графиком дает $\ln\frac{T_1}{T_0} \approx -0,028$. Так как $\ln\frac{T_1}{T_0} = \ln\frac{T_0 - \beta h}{T_0} \approx -\frac{\beta h}{T_0}$, то это соответствует высоте $h = 0,028\frac{T_0}{\beta} \approx 0,93$ (км).

$\tau = \frac{h}{u} = 93$ с. Допустимые пределы $86\text{ с} \le \tau \le 100\text{ с}$.

Типичный неверный ответ $\tau_{HEB} = \frac{h_{HEB}}{u} = 73$ с. ($h_{HEB} = \frac{T_0 - T_P}{\beta} \approx 0,73$ км).

3) Образование льда при θ =273 К. $\theta = T_1 - \beta_0 H = (T_0 - \beta h) - \beta_0 H$.

$H = \frac{T_0 - \beta h - \theta}{\beta_0} = \frac{T_0 - \theta - 0,028T_0}{\beta_0} = 3,72 \approx 3,7$ (км). Допустимые пределы $3,4\text{ км} \le H \le 4,0\text{ км}$.

3. 1) Сразу после удаления $Q = C\varepsilon E, \quad U = Q/C = \varepsilon E > E$. $A = \frac{Q^2}{2C} - \frac{\varepsilon C E^2}{2} = \frac{CE^2}{2}\varepsilon(\varepsilon - 1)$.

2) $I_0 = \frac{\varepsilon E - E}{R_1 + R_2} = \frac{(\varepsilon - 1)E}{R_1 + R_2}$

3) Для левого контура $E - L\frac{dI}{dt} - E = I_0 R_2$. $\frac{dI}{dt} = -\frac{(\varepsilon - 1)E}{L}\frac{R_2}{R_1 + R_2} < 0$. $\left|\frac{dI}{dt}\right| = \frac{(\varepsilon - 1)E}{L}\frac{R_2}{R_1 + R_2}$.

4) $A_{ИСТ} = \Delta W_C + W$. $\Delta W_C = \frac{1}{2}CE^2 - \frac{C(\varepsilon E)^2}{2} = \frac{1}{2}CE^2(1 - \varepsilon^2)$. Заряд через источник

$\Delta q = (C_1 + C)E - (C_1 E + C\varepsilon E) = CE(1 - \varepsilon) < 0$. $A_{ИСТ} = \Delta q E = CE^2(1 - \varepsilon) < 0$. $W = \frac{1}{2}CE^2(\varepsilon - 1)^2$.

4. 1) $qV_0 B = \frac{mV_0^2}{R_0}$. $V_0 = \frac{qB}{m}R_0$.

2) Угловая скорость $\omega = \frac{qB}{m}$ остается постоянной. $\Delta\left(\frac{mV^2}{2}\right) = -P\Delta t$, $P = \frac{q^2 a^2}{6\pi\varepsilon_0 c^3}$, $a = \frac{V^2}{R} = \omega^2 R$.

$m\Delta R = -\frac{q^2\omega^2}{6\pi\varepsilon_0 c^3}R\Delta t$. $m\Delta R = -\frac{q^2\omega}{6\pi\varepsilon_0 c^3}\Delta L$. $L = -\frac{6\pi\varepsilon_0 c^3 m^2}{q^3 B}\left(-\frac{R_0}{4}\right) = \frac{3\pi\varepsilon_0 c^3 m^2}{2q^3 B}R_0$.

3) При испускании фотона $\Delta p = m\Delta V = m\omega\Delta R$, $\Delta E = -h\nu = -h\frac{\omega}{2\pi}$, $\Delta E = \Delta\left(\frac{m\omega^2 R^2}{2}\right) = m\omega^2 R\Delta R$.

$\Delta p = -\frac{h}{2\pi R}$. $|\Delta p| = \frac{h}{2\pi R} = \frac{2}{3}\frac{h}{\pi R_0}$

5. 1) Пусть есть два параллельных зеркала. Если одно из зеркал повернуть на угол δ, то после двукратного отражения вышедший луч повернется на угол 2δ. Итак, $\beta = 2\varphi = 0,94$ рад.

2) Если $\Delta / F = \gamma$, то $\alpha = \gamma / 2 = 0,04$ рад.

3) Когда изображения совпадают, угол между зеркалами $\varphi_1 = \varphi - \gamma/2$. Тогда угол поворота луча от звезды будет как раз θ. $\theta = 2\varphi_1 = 2\varphi - \gamma = 2\varphi - \Delta / F = 0,86$ рад.