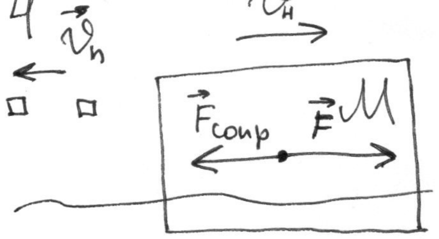
№ 4

1)



Пусть масса плота с двумя солдатами M, масса пули m_0.

2ЗН в импульсной формулировке для 1 пули:

$$\Delta t' \cdot F = m_0 v_п$$

За 1 секунду на плот действуют две пули: $2F\Delta t' = 2m_0 v_п$.

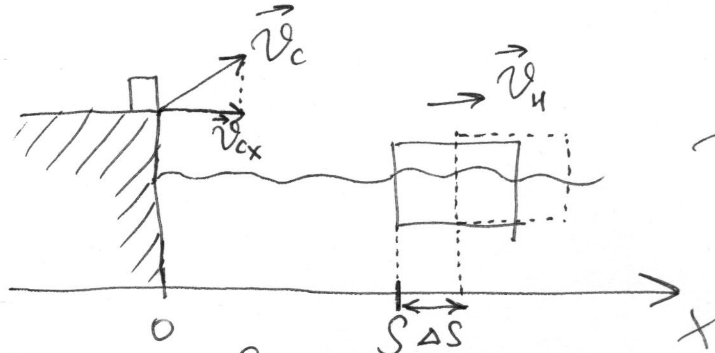
$$2\Delta t' = 1\,c$$

$$F = 2m_0 v_п.$$

Движение плота равномерное: $F = F_{сопр}$

$$2m_0 v_п = k v_н \;;\; k = \frac{2m_0 v_п}{v_н}.$$

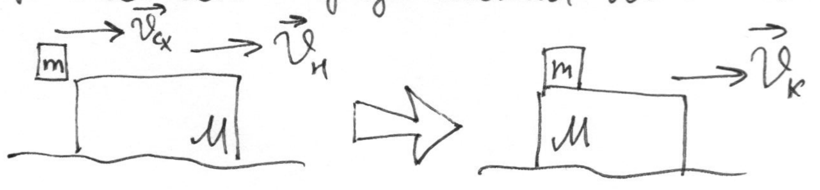
2)



Третий солдат, прыгая на плот, имеет горизонтальную составляющую своей скорости v_{cx}.

$$v_{cx} = \frac{S+\Delta S}{\Delta t} \;;\; \Delta S = v_н \cdot \Delta t. \;;\; v_{cx} = \frac{S + v_н \cdot \Delta t}{\Delta t} \;;\; v_{cx} = \frac{1{,}12 + 0{,}6\cdot 0{,}2}{0{,}2} = 6{,}2\,м/с.$$

В момент приземления выполняется ЗСИ в проекции на Ox:



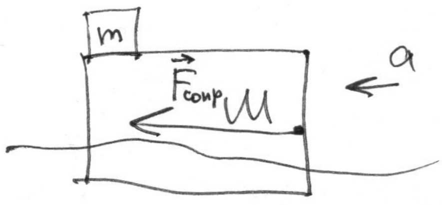
$$m v_{cx} + M v_н = (m+M) v_к.$$

$$m v_{cx} + M v_н = m v_к + M v_к.$$

$$M = \frac{m(v_{cx} - v_к)}{v_к - v_н}$$

$$M = 80 \cdot \frac{6{,}2 - 0{,}8}{0{,}8 - 0{,}6} = 2160\,кг.$$

3)



$$F_{сопр} = (m+M)a$$

$$k v_к = (m+M)a$$

$$k\frac{dS}{\cancel{dt}} = (m+M)\frac{dv}{\cancel{dt}}$$

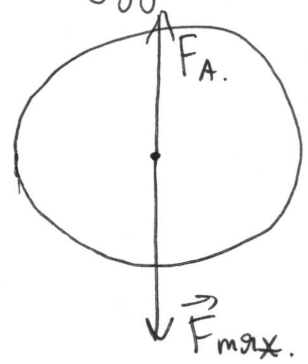
Суммируем: $k S_0 = (m+M) v_к$

$$S_0 = \frac{(m+M)\cdot v_к \cdot v_н}{2 m_0 v_п} \;;\; S_0 = \frac{2240 \cdot 0{,}8 \cdot \cancel{0{,}6}^{0{,}1}}{\cancel{2\cdot 5 \cdot 10^{-3}} \cdot \cancel{600}} = 179{,}2\,м$$

Ответ: 179,2 м.

№1

1) Воздушный шар плавает, если $F_{Архимеда} = F_{тяжести}$



$$F_A = F_{тяж}.$$

$$\rho_в g V = (m_0 + m_г)\cdot g$$

$$\rho_в V = m_0 + m_г.$$

2) $pV = \nu RT$; $pV = \frac{m}{M} RT$; $p = \frac{\rho}{M} RT$; $\rho = \frac{pM}{RT}$.

$$\rho_в(h) = \frac{p(h)\cdot M}{T(h)\cdot R}$$

3) $m_г = V\cdot \rho_г = V\cdot \frac{p(h)\cdot M}{T_г(h)\cdot R}$

4) Мощность теплопотерь в первом опыте: $\frac{P}{3} = k\Delta T$

Теоретическая максимальная разность температур: $P = k\Delta T_{max}$

$\frac{\Delta T_{max}}{\Delta T} = 3$; $\Delta T_{max} = 3\Delta T$; $\Delta T_{max} = 3\cdot 40 = 120\,K$.

5) $m_г = V\cdot \frac{p(h)\cdot M}{(\Delta T + T(h))\cdot R}$

Итак, $\frac{p(h)\cdot M}{T(h)\cdot R}\cdot V = m_0 + \frac{p(h)\cdot M}{(\Delta T + T(h))\cdot R}\cdot V \Rightarrow \frac{p(h)}{T(h)} = \frac{m_0\cdot R}{M\cdot V} + \frac{p(h)}{\Delta T + T(h)}$

Для $h=0$ $\frac{102\cdot 10^3}{288} = \frac{m_0 R}{M\cdot V} + \frac{102\cdot 10^3}{40+288}$; $\frac{m_0 R}{M\cdot V} = 102\cdot 10^3\cdot\left(\frac{40}{288(40+288)}\right) = 43{,}2$

Для h_{max}: $\frac{p(h_{max})}{T(h_{max})} = 43{,}2 + \frac{p(h_{max})}{120 + T(h_{max})}$

6) Если $h_{max} = 10$ км, то $\frac{26\cdot 10^3}{224} = 43{,}2 + \frac{26\cdot 10^3}{120+224}$

$$116 \approx 118{,}8$$

Ответ: шар сможет подняться на высоту около 10 км (чуть ниже).

стр 2.

№3

1) Пусть мощность источника ~~в первом случае~~ P

Вся энергия, выделяемая за некоторый промежуток времени, проходит через сферу с площадью S:

2) Пусть глаз видит источник света, если на площадь зрачка $S_{зр.}$ приходит световой поток с минимальной мощностью P_{min}. Составим пропорцию:

$$\frac{S}{S_{зр}} = \frac{P}{P_{min}}; \quad \frac{4\pi R^2}{S_{зр}} = \frac{P}{P_{min}} \quad (1)$$

3) Если учитывать туман, то мощность P' уменьшается в k раз:

$$\frac{4\pi R'^2}{S_{зр}} = \frac{P}{k \cdot P_{min}} \quad (2)$$

4) Разделим (1) на (2): $\frac{R^2}{R'^2} = k$

5) Для первого и второго случая: $\frac{R_1^2}{R_1'^2} = k = \frac{R_2^2}{R_2'^2}$

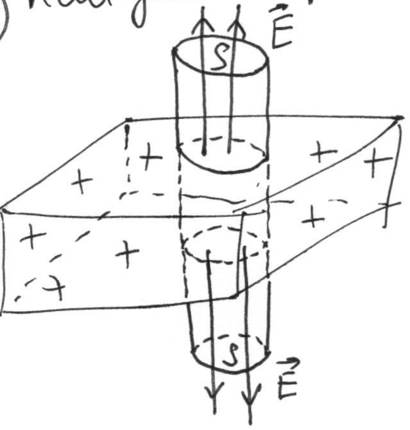
$$\frac{R_1}{R_1'} = \frac{R_2}{R_2'}; \quad R_2' = R_2 \cdot \frac{R_1'}{R_1}$$

$$R_2' = 100 \cdot \frac{150}{1200} = 12{,}5 \text{ м}$$

Ответ: 12,5 м

5

1) Найдем напряженность поля слоя газа толщиной h:

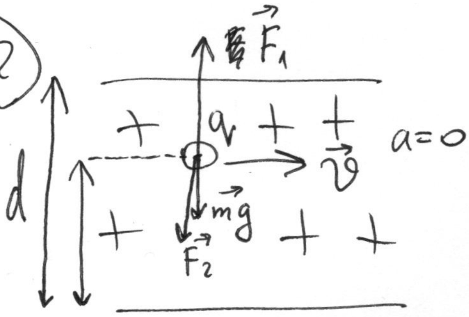


• из соображений симметрии горизонтальная составляющая вектора напряженности отсутствует, вектор напряженности пер-лярен плоскости пластинки

• $\Phi = 2E \cdot S$

$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{S \cdot h \cdot \rho}{\varepsilon_0}$; $2ES = \frac{S \cdot h \cdot \rho}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{h \cdot \rho}{2\varepsilon_0}$.

2) 

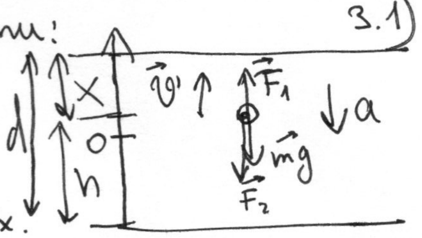
По 2ЗН $F_1 = mg + F_2$

Пусть расстояние от шарика до нижней пластинки h, тогда

$E_1 q = mg + E_2 q$; $\frac{h \cdot \rho}{2\varepsilon_0} = mg + \frac{(d-h) \cdot \rho}{2\varepsilon_0}$;

$h \cdot \rho = mg \cdot 2\varepsilon_0 + d\rho - h\rho$; $2h\rho = mg 2\varepsilon_0 + d\rho$; $h = \frac{mg\varepsilon_0}{\rho} + \frac{d}{2}$

3) Для рассмотрения колебаний перейдем в СО, [redacted] движущуюся поступательно со скоростью $\vec{v}$. В ней шарик будет колебаться в вертикальной плоскости:

3.1) 

Пусть в некоторый момент времени $\vec{v}'$ направлена вверх, ускорение $\vec{a}$ вниз, расстояние шарика до верхней пластины x, тогда (3.2)

3.2) $F_1 - mg - F_2 = ma_x$

$\frac{h \cdot \rho}{2\varepsilon_0} - mg - \frac{x \cdot \rho}{2\varepsilon_0} = ma_x$.

$\frac{d \cdot \rho}{2\varepsilon_0} - \frac{x\rho}{2\varepsilon_0} - mg - \frac{x \cdot \rho}{2\varepsilon_0} = ma_x$

$\frac{d \cdot \rho}{2\varepsilon_0} - mg - \frac{x\rho}{\varepsilon_0} = ma_x \;\Big|: m \implies x \cdot \frac{\rho}{\varepsilon_0 \cdot m} + a_x = \frac{d \cdot \rho}{2\varepsilon_0 \cdot m} - g \; (*)$

3.3) Сопоставляя полученное выр-ние $(*)$ с дифференциальным ур-нием колебаний $x'' + \omega^2 x = \omega^2 x_0$, находим, что $\omega^2 = \frac{\rho}{\varepsilon_0 \cdot m}$

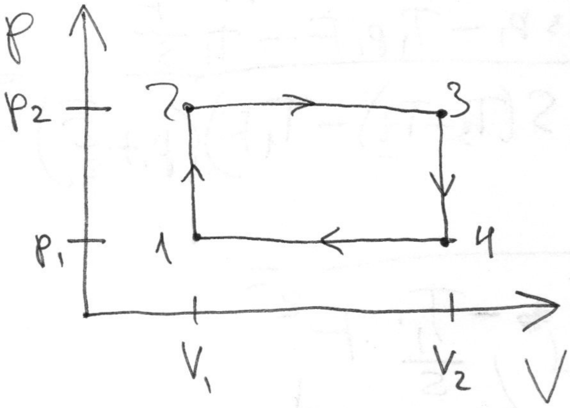
Откуда $\omega = \sqrt{\frac{\rho}{\varepsilon_0 \cdot m}}$; $T = 2\pi \cdot \omega$; $T = 2\pi\sqrt{\frac{\rho}{\varepsilon_0 m}}$

Ответ: а) $h = \frac{mg\varepsilon_0}{\rho} + \frac{d}{2}$; б) $T = 2\pi\sqrt{\frac{\rho}{\varepsilon_0 m}}$

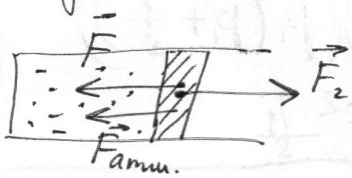
$\boxed{\text{стр4}}$

№2

1) Изобразим цикл в координатах $p(V)$:



2) В процессе 2-3 $p_2 = p_{атмосф.} + \frac{F}{S}$



3) В процессе 1-2 $V_1 = const$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}; \; T_2 = T_1 \cdot \frac{p_2}{p_1};$$

$$T_2 = T_1 \cdot \left(1 + \frac{F}{S \cdot p_1}\right); \; Q = \Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

$$Q = \frac{5}{2} \nu R T_1 \cdot \frac{F}{S \cdot p_1}$$

4) В процессе 2-3 $p_2 = const$; $\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_2}{T_3}$

$$Q = \Delta U + A = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) + p_2 \Delta V = \frac{5}{2} \nu R \left(T_3 - T_1\left(1 + \frac{F}{S \cdot p_1}\right)\right) + \nu R \Delta T =$$

$$= \frac{7}{2} \nu R \left(T_3 - T_1\left(1 + \frac{F}{S \cdot p_1}\right)\right)$$

5) $$\eta = \frac{A}{Q_{1-2} + Q_{2-3}} = \frac{\nu R\left(T_3 - T_1\left(1 + \frac{F}{S \cdot p_1}\right)\right)}{\nu R\left(\frac{5}{2} T_1 \cdot \frac{F}{S p_1} + \frac{7}{2} T_3 - \frac{7}{2} T_1 - \frac{7}{2} T_1 \cdot \frac{F}{S \cdot p_1}\right)} =$$

$$= \frac{T_3 - T_1\left(1 + \frac{F}{S \cdot p_1}\right)}{\frac{7}{2}(T_3 - T_1) - T_1 \frac{F}{S \cdot p_1}} = \frac{(T_3 - T_1) - T_1 \frac{F}{S \cdot p_1}}{\frac{7}{2}(T_3 - T_1) - T_1 \frac{F}{S \cdot p_1}}$$

6) Если $T_3 = 1200\,K$; $T_1 = 300\,K$, $S = 0{,}1\,м^2$, $p_1 = 10^5\,Па$, то

$$\eta = \frac{900 - 300 \frac{F}{10^{+4}}}{3150 - 300 \frac{F}{10^4}} = \frac{30 - F \cdot 10^{-3}}{105 - F \cdot 10^{-3}} = \frac{30 \cdot 10^{+3} - F}{105 \cdot 10^3 - F}$$

видно, что $\eta_{max} = \eta(0)$, т.е. $F = 0$; $\eta_{max} \approx 0{,}286$

Ответ: а) КПД не может быть больше 60%

б) η_{max} при $F = 0$

в) $\eta_{max} = 0{,}286$.

5) $A_{полезн} = F \cdot l$; $V_2 - V_1 = S \cdot l$; $l = \frac{V_2 - V_1}{S}$; $l = \frac{\frac{\nu R T_1}{p_1} + \frac{\nu R T_3}{p_2}}{S}$

$$A_{полезн.} = \frac{F}{S} \cdot \nu R \left(\frac{T_3}{p_2} - \frac{T_1}{p_1}\right)$$

$$6)\ \eta = \frac{A_n}{Q_{1-2}+Q_{2-3}} = \frac{F\left(\frac{T_3}{p_2}-\frac{T_1}{p_1}\right)}{S\left(\frac{7}{2}(T_3-T_1)-T_1\frac{F}{p_1 S}\right)} = \frac{F\left(\frac{T_3\cdot p_1 - T_1\left(p_1+\frac{F}{S}\right)}{p_1\left(p_1+\frac{F}{S}\right)}\right)}{\frac{7}{2}S(T_3-T_1)-T_1\frac{F}{p_1}} =$$

$$= \frac{F\left(T_3 p_1 - T_1\left(p_1+\frac{F}{S}\right)\right)}{\left(\frac{7}{2}S(T_3-T_1)-T_1\frac{F}{p_1}\right)\left(p_1\left(p_1+\frac{F}{S}\right)\right)} = \frac{FT_3 p_1 - T_1 p_1 F - T_1\frac{F^2}{S}}{\left(\frac{7}{2}p_1 S(T_3-T_1)-T_1 F\right)\left(p_1+\frac{F}{S}\right)} =$$

$$= \frac{F(T_3 p_1 - T_1 p_1) - F^2\frac{T_1}{S}}{\frac{7}{2}p_1^2 S(T_3-T_1) + \underbrace{F\cdot\frac{7}{2}p_1(T_3-T_1)} - \underbrace{T_1\cdot p_1 F} - \underbrace{\frac{T_1}{S}\cdot F^2}} =$$

$$= \frac{F(T_3 p_1 - T_1 p_1) - F^2\frac{T_1}{S}}{\frac{7}{2}p_1^2 S(T_3-T_1) + F\left(\frac{7}{2}p_1(T_3-T_1) - T_1\cdot p_1\right) - \frac{T_1}{S}\cdot F^2}$$