Розв'язки задач очного туру олімпіади ІВТ з фізики 2017р.

(1) На один атом приходиться один "кубик" із стороною $d = a/2$.
В середньому на 1 атом приходиться маса $\frac{23+35.5}{2} = 29.25$ ат. од.,

тобто $\frac{29.25}{\underbrace{6\cdot 10^{23}}_{\text{ч-ло Авогадро}}} \cdot 10^{-3}\,\text{кг} = m_0$

Тоді густина $\rho = m_0/d^3$, отже

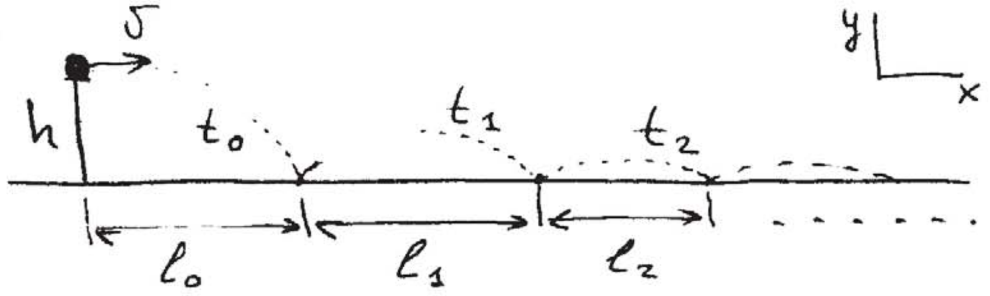
$$a = 2d = 2\left(\frac{m_0}{\rho}\right)^{1/3} = 2\cdot\left(\frac{292.5}{6\cdot 2.22}\right)^{1/3}\cdot 10^{-10}\,\text{м}$$

$$\simeq 5.6\cdot 10^{-10}\,\text{м} = 0.56\ \text{нм}$$

(2) Нехай за час $\underline{\underline{\Delta t}}$ випромінюється $\underline{\underline{\Delta N}}$ фотонів з частотою $\underline{\underline{\nu}}$ (тобто з довжиною хвилі $\lambda = c/\nu$).
Тоді ці фотони несуть енергію $\Delta E = \Delta N \cdot h\nu$, і імпульс $\Delta p = \Delta N \cdot (h/\lambda)$. Отже,
тяга $F = \Delta p/\Delta t = \frac{\Delta N}{\Delta t}\cdot\frac{h\nu}{c}$, потужність $W = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta N}{\Delta t}\cdot h\nu$, тому питома тяга

$$\frac{F}{W} = \frac{1}{c} \simeq 3.33\cdot 10^{-9}\ \frac{\text{Н}}{\text{Вт}}$$

③



$g = 9.8$ м/с²
$K_x = 0.8$
$K_y = 0.5$
$v = 700$ м/с
$h = 2$ м

Перед першим ударом компоненти швидкості

$v_{x,0} = v \quad , \quad v_{y,0} = \sqrt{2gh}$

час польоту до 1-го удару $t_0 = \sqrt{2h/g}$

шлях по горизонталі $l_0 = v\, t_0$

Після першого удару компоненти швидкості

$v_{x,1} = K_x v_{x,0} \quad , \quad v_{y,1} = K_y v_{y,0}$

час польоту між 1-м і 2-м ударами $t_1 = \frac{2 v_{y,1}}{g}$

шлях по горизонталі $l_1 = v_{x,1} t_1$

. . .

Після $\underline{\underline{n}}$-го удару $v_{x,n} = (K_x)^n v$; $v_{y,n} = (K_y)^n \sqrt{2gh}$

час між $\underline{\underline{n}}$-м і $(n+1)$-м ударами $t_n = 2 v_{y,n}/g$

шлях між $\underline{\underline{n}}$-м і $(n+1)$-м ударами $l_n = v_{x,n} t_n$

Отже, повний шлях

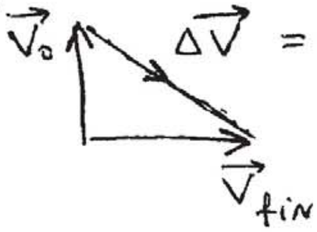
$$L = l_0 + l_1 + l_2 + \dots = v \sqrt{\frac{2h}{g}} \left(1 + 2(K_x K_y) + 2(K_x K_y)^2 + \dots\right)$$

$$= v \sqrt{\frac{2h}{g}} \left(1 + 2\, \frac{K_x K_y}{1 - K_x K_y}\right) = v \sqrt{\frac{2h}{g}}\, \frac{1 + K_x K_y}{1 - K_x K_y}$$

$$L = 700 \sqrt{\frac{4}{9.8}}\, \frac{1.4}{0.6} \simeq 1043.5 \text{ м}$$

4

a)



$$\Delta \vec V = \vec a \cdot t \qquad |\vec V_{fin}| = V_0 = V$$

$$\Downarrow$$

$$\Delta V = V_0 \sqrt{2} = a \cdot t$$

максимальне можливе прискорення $a = Kg$,

отже $$t_{min} = \frac{V\sqrt{2}}{Kg} = \frac{100 \cdot 10^3}{3600} \frac{\sqrt{2}}{0.9 \cdot 9.8} \text{ сек} \simeq 4.45 \text{ сек}$$

б) траєкторія руху з постійним прискоренням $\vec a$ — це має бути парабола.

(Якщо р-ння траєкторії потрібне:

$$\begin{cases} \ddot x = \dfrac{a}{\sqrt{2}} \\ \ddot y = -\dfrac{a}{\sqrt{2}} \end{cases}$$

, початкові умови $x(0) = 0$, $\dot x(0) = 0$

$y(0) = 0$, $\dot y(0) = V$

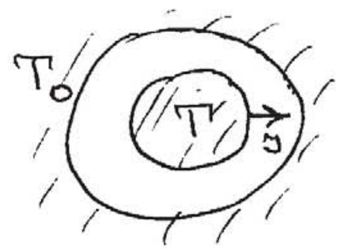
$$\Rightarrow \begin{cases} x = \dfrac{a t^2}{2\sqrt{2}} \\ y = Vt - \dfrac{a t^2}{2\sqrt{2}} \end{cases}$$

$$\Leftarrow$$

$$x + y = Vt = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{a} V^2} \cdot \sqrt{x}$$

$$(x+y)^2 \cdot \frac{a}{2\sqrt{2}\, V^2} = x$$

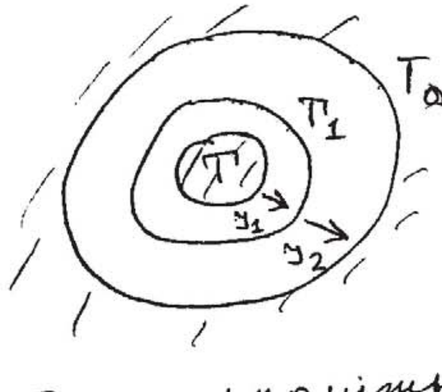
(5) Вся теплопровідність за рахунок випромінювання. Потік енергії від стінки температури T визначається законом Стефана – Больцмана $j = \sigma T^4$. Тоді потік енергії назовні з двостінного термоса



$$J = \sigma T^4 - \sigma T_0^4$$

Для тристінного термоса позначимо температуру проміжної стінки T_1,

Тоді
$$J_1 = \sigma\left(T^4 - T_1^4\right)$$
$$J_2 = \sigma\left(T_1^4 - T_0^4\right)$$



Вважаючи процес переносу тепла стаціонарним (температура проміжної стінки стабілізувалася), маємо $J_1 = J_2$. Тоді $J_1 = J_2 = \frac{1}{2}(J_1 + J_2) = \frac{1}{2} J$. Таким чином, тристінний термос вдвічі повільніше втрачає тепло, ніж двостінний