

Олимпиада «Физтех» по физике, I

Вариант 10-02

Класс 10

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.

2) Найти время полета гайки.

3) С какой высоты была брошена гайка?

Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

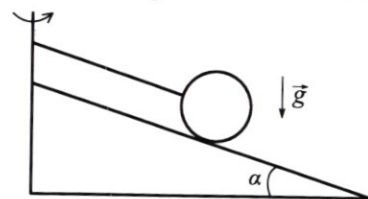
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.

2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

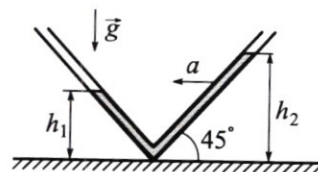


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?

2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



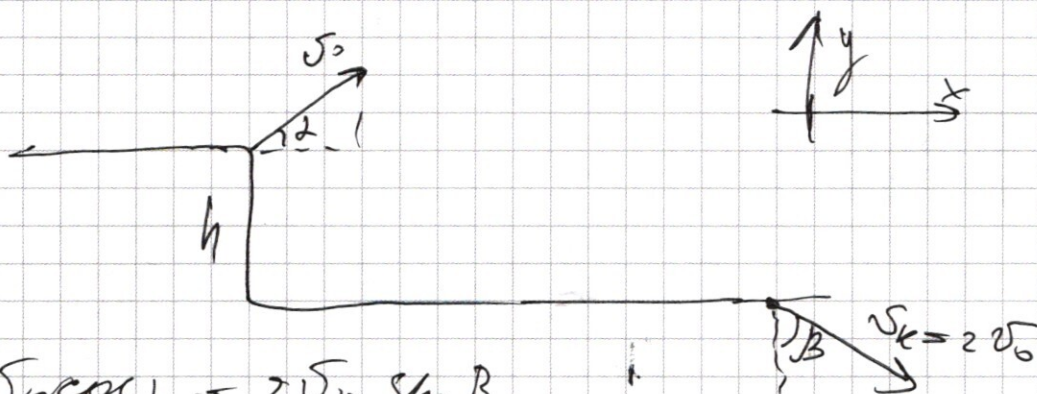
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_0 \cos \alpha = 2v_0 \sin \beta$$

$$\Rightarrow \sin \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$v_{ky} = 2v_0 \cos \beta = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

$$gt - v_0 \sin \alpha = 2v_0 \cos \beta$$

$$t = \frac{v_0 (\sin \alpha + 2 \cos \beta)}{g} = \frac{10 (\frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4})}{10} =$$

$$= \frac{\sqrt{13} + 1}{2} \text{ с}$$

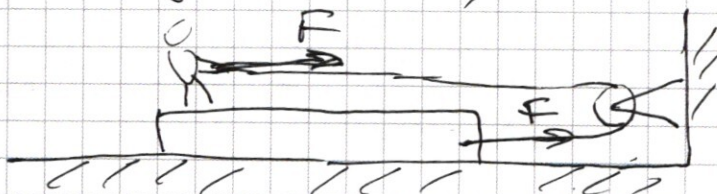
$$h = \frac{gt^2}{2} - v_0 \sin \alpha t = \frac{10 (\frac{\sqrt{13} + 1}{2})^2}{2} - 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{13} + 1}{2} =$$

$$= \frac{5}{4} (13 + 2\sqrt{13} + 1) - \frac{5}{2} (\sqrt{13} + 1) = \frac{5}{2} (7 + \sqrt{13} - \sqrt{13} - 1) =$$

$$= 15 \text{ м}$$

Ответ: $v_{ky} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$; $t = \frac{\sqrt{13} + 1}{2} \text{ с}$; $h = 15 \text{ м}$.

2.



$$\Rightarrow N = 3mg = (M + m)g$$

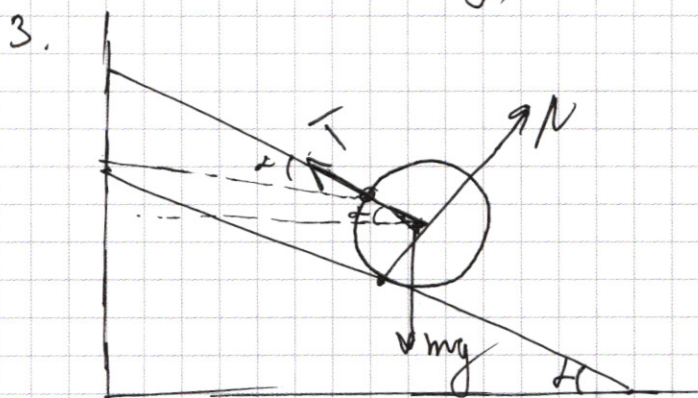
$$2) \quad F_{\text{up}} = MN \quad 2F_0 = 3Mng \Rightarrow F_0 = \frac{3}{2} Mng$$

$$3) \quad a = \frac{2(F - F_0)}{3m} = \frac{2(F - \frac{3}{2}Mng)}{3m}$$

$$\frac{at^2}{2} = S \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2(F - \frac{3}{2}Mng)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{3ms}{F - \frac{3}{2}Mng}}$$

Ответ: $N = 3mg$; $F_0 = \frac{3}{2} Mng$; $t = \sqrt{\frac{3ms}{F - \frac{3}{2}Mng}}$



- 1) Т.к с-м а наход.
в равновесии
 $mg \cos \alpha = N$

$$2) \quad ay = \omega^2 (R + l) \cos \alpha = \frac{T \cos \alpha}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \omega^2 (R + l) m$$

$$(mg - T \sin \alpha) \cos \alpha = N$$

$$N = (mg - \omega^2 (R + l) m \sin \alpha) \cos \alpha =$$

$$= m (g - \omega^2 (R + l) \sin \alpha) \cos \alpha$$

Ответ: 1) $N = mg \cos \alpha$; 2) $N = m (g - \omega^2 (R + l) \sin \alpha) \cos \alpha$

$$5. \quad 27^\circ\text{C} = 273.15 + 27 = 300\text{K}$$

$$1) \quad pV_n = \frac{m}{M} RT \Rightarrow p_n M = p_n RT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_n = \frac{p_n M}{RT} = \frac{3.55 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8.31 \cdot 300} = \frac{21.3 \cdot 10^{-6}}{8.31} = 2.56 \cdot 10^{-6}$$

$$\cdot 10^{-3} \text{ КПа}$$

$$\alpha = \frac{p_n}{p_0} = \frac{2.56 \cdot 10^{-6} \text{ КПа}}{1000 \text{ Па}} = 2.56 \cdot 10^{-6} = 2.56 \cdot 10^{-5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Пусть удар был V_h — обьем пара, тогда
 $V_h' = \frac{v_h}{f}$

Т.к. в процессе конденс. масса сохр., то

$$\rho_h V_h' + \rho_b V_b = \rho_h V_h$$

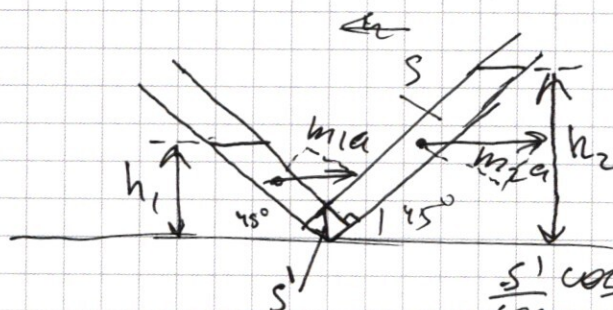
$$V_b = \frac{V_h (1 - \frac{1}{f}) \rho_h}{\rho_b} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_h}{V_b} = \frac{\rho_b f}{\rho_h (1 - \frac{1}{f})} = \frac{2}{1 - \frac{1}{f}} = \frac{2,56 \cdot 10^{-5}}{1 - \frac{1}{5,6}} =$$

$$= \frac{2,56 \cdot 5,6 \cdot 10^{-5}}{4,6} \approx 2 \cdot 10^{-5}$$

Ответ: 1) $\frac{\rho_h}{\rho_b} = 2,56 \cdot 10^{-5}$; 2) $\frac{V_h}{V_b} \approx 2 \cdot 10^{-5}$

4,



$$\frac{s_1}{\cos 45} = s \quad s' = \frac{s}{\cos 45}$$

Перейдем в инерт. с.о. движ. с ускор. $\vec{a}$
 , тогда на уг. хвосты дейст. силы
 инерции соств. $m_1 a$ и $m_2 a$
 $m_2 = h_2 \sqrt{2} \rho$ $m_1 = h_1 \sqrt{2} \rho$

$$\cancel{p}(m_2 g \cos 45 - m_2 a \cos 45) = \cancel{p}(m_2 g \cos 45 - m_2 a \cdot \cos 45)$$

$$\Rightarrow m_2 = \frac{m_1 (g+a)}{g-a} = \frac{h_1 \sqrt{2} \rho (g+a)}{g-a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_2 = \frac{h_1 (g+a)}{g-a} = \frac{10 \text{ см} \cdot 10+4}{10-4} = \frac{70}{3} \text{ см}$$

2) По ~~пр-ю~~ ~~формуле~~

~~$$\rho \frac{h_2}{2} + \rho g \frac{h_2}{2} = \rho \frac{h_1}{2} + \rho g \frac{h_1}{2}$$~~

$$\frac{dx}{dt} = v_{\text{отн}}$$

$$dt((h_2 \sqrt{2} - dx) \rho g \cos 45 - (h_1 \sqrt{2} + dx) \rho g \cos 45) = h_1 \sqrt{2} \rho g$$

$$\sqrt{2} \rho g \cos 45 (h_2 - h_1) + 2 dx \rho g \cos 45 = (h_2 - h_1) \sqrt{2} \rho g \cos 45$$

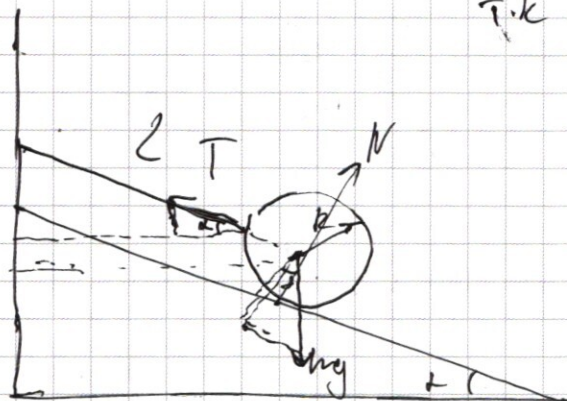
$$dt g \cos 45 (h_2 - h_1) + g dx dt = (h_2 - h_1) dt v_{\text{отн}}$$

$$dt g \cos 45 (h_2 - h_1) + g dt^2 v_{\text{отн}} = (h_2 - h_1) dt v_{\text{отн}}$$

$$\text{Ответ: } h_2 = \frac{70}{3} \text{ см.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.



Т.к. ш-ма находится в покое
 $mg \cos \alpha = N$

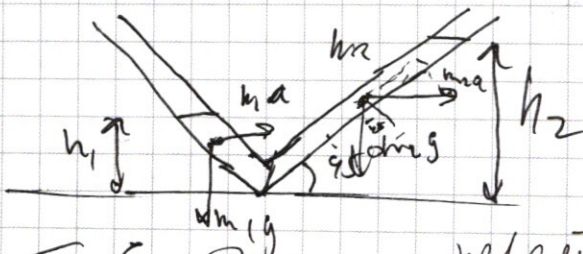
$$\omega^2 (R+l) \cos \alpha = \ddot{y} = \frac{T \cos \alpha}{m} \Rightarrow T = \omega^2 (R+l) m$$

$$(mg - T \sin \alpha) \cos \alpha = N$$

$$N = (mg - \omega^2 (R+l) m) \cos \alpha = m (g - \omega^2 (R+l)) \cos \alpha$$

$$\begin{array}{r} 2/3 \cdot 2/5 = 4/15 \\ 2/3 \cdot 2/5 = 4/15 \\ 2/3 \cdot 2/5 = 4/15 \end{array}$$

4.



$$m_2 = h_2 \sqrt{2} \cdot \rho$$

перейдем в НЕСКО
координат

$$m_2 g \cos \alpha = m_2 a \cos \alpha$$

$$m_1 g \cos \alpha + m_1 a \cos \alpha$$

$$m_1 = \frac{m_2 (g - a)}{g + a} \Rightarrow h_1 \sqrt{2} \cdot \rho = \frac{h_2 \sqrt{2} \cdot \rho (g - a)}{g + a}$$

$$\Rightarrow h_1 = h_2 \frac{g-a}{g+a} = \frac{10-9}{10+9} = \frac{1}{19} = \frac{3}{57}$$

$$\Rightarrow h_2 = \frac{g+a}{g-a} h_1 = \frac{19}{1} \cdot 10 = 190 \text{ см}$$

$$2) h_{\text{ог}} = \frac{20 \cdot 10}{7} = 28.57 \text{ см}$$

$$\Delta h = \frac{50}{3} - 10 = \frac{20}{3} \text{ см}$$

~~h₂ g cos 45 =~~

$$\frac{dx}{dt} = v_{\text{ог}} \Rightarrow \frac{d}{dt} \left((h_2 \sin 45 - x) \rho S g \cos 45 - (h_1 \sin 45 - x) \rho S \cos 45 \right) = m \frac{dv_{\text{ог}}}{dt}$$

$$N \cos 45 + T \sin 45 = mg$$

$$T \cos 45 - N \sin 45 = m \omega^2 (R \cos 45)$$

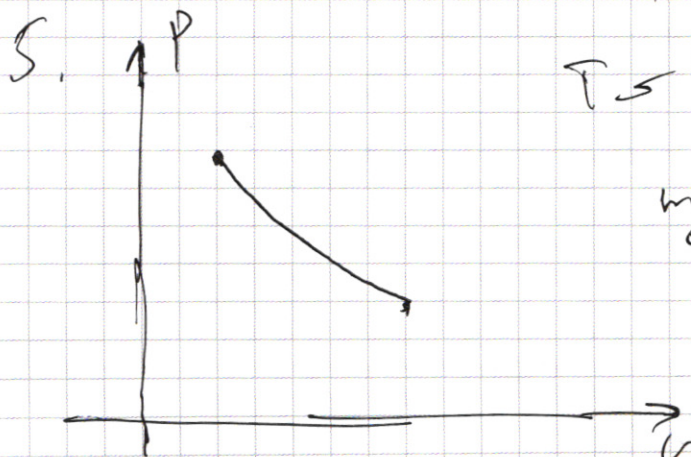
$$N^2 + T^2 = m^2 g^2 + m^2 \omega^2 (R \cos 45)^2$$

$$T = \frac{mg - N \cos 45}{\sin 45}$$

$$\frac{mg - N \cos 45}{\sin 45} \cos 45 - N \sin 45 = m \omega^2 (R \cos 45)$$

$$\frac{mg - N}{\sin 45} = m \omega^2 (R \cos 45)$$

$$N = mg - \omega^2 (R \cos 45) \sin 45$$



$$P = \frac{m}{V} R T$$

$$P V = \frac{m}{\mu} R T$$

$$P \mu = \frac{m}{V} R T$$

$$\rho_{\text{н}} = \frac{3.55 \cdot 10^3 \cdot 17}{8.31 \cdot 279} \approx \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 17}{42.27} \approx 200 \text{ г/см}^3$$

$$8 \cdot 8.31 = 66.48 \quad 3.55 \cdot 17 = 60.35$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

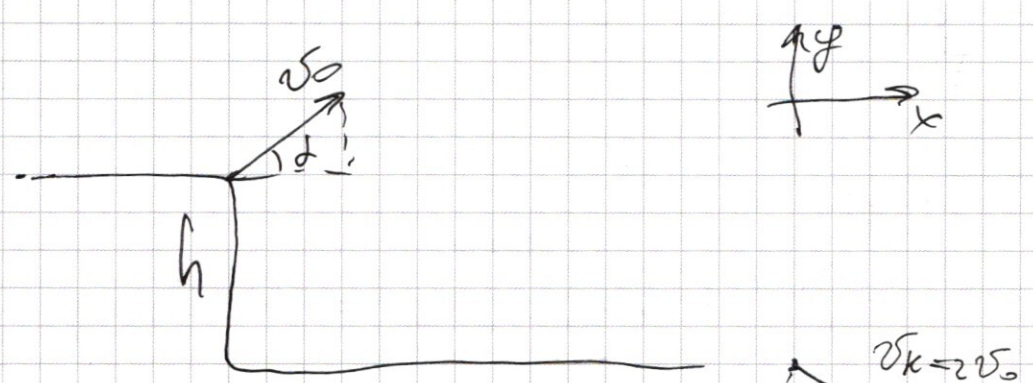
$$F(dx) = \rho g S \cos \alpha (h_2 - h_1) - 2 dx \rho g S \cos \alpha$$

$$dx/dt = v_{отн} - dt$$

F(

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



$$v_0 \cos \alpha = 2v_0 \cos \beta$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$v_{ky} = 2v_0 \cos \beta = 2v_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

$$-v_0 \sin \alpha + gt = 2v_0 \cos \beta$$

$$t = \frac{v_0 (\sin \alpha + 2 \cos \beta)}{g} = \frac{10 (\frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4})}{10} =$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{13}}{2} = \frac{\sqrt{13} + 1}{2} \text{ с}$$

$$h = \frac{gt^2}{2} - v_0 \sin \alpha t = \frac{10}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{13} + 1}{2} \right)^2 - 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{13} + 1}{2} =$$

$$= \frac{5}{4} \cdot (13 + 2\sqrt{13} + 1) - \frac{5}{2} (\sqrt{13} + 1) =$$

$$= \frac{5}{2} (7 + \sqrt{13} - \sqrt{13} - 1) = 15 \text{ м}$$

A free body diagram of a person pulling a rope. The person is represented by a stick figure on the left. A rope extends from the person's hands to a wall on the right. The person's weight Mg acts vertically downwards from their center. The wall's reaction force F acts horizontally to the left on the rope. The person's hands exert a force F' on the rope, directed upwards and to the left at an angle. The rope exerts an equal and opposite force F on the person's hands, directed upwards and to the right. The ground is indicated by a horizontal line with diagonal hatching below it.

$$F'_{\text{osz}} = -M (F'_{\text{sm}} + 3mg) = 2m a_{\text{ery}}$$

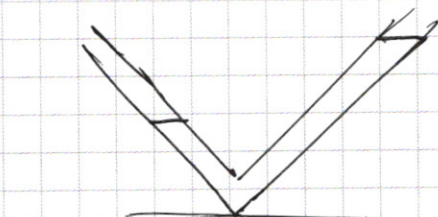
1) $N = 3 \text{ mg}$

$$2) \quad 2F \geq 3M_{\text{neg}} \Rightarrow F \geq \frac{3}{2} M_{\text{neg}}$$

$$3) a = \frac{2(F - \frac{3}{2}Mg)}{3m}$$

$$\frac{af^2}{2} = 5 \Rightarrow$$

$$t^2 = \frac{2s}{a} = \frac{25 - 3 \ln}{2(f - \frac{3}{2} M \mu g)} =$$



$$p_{25}^{\frac{2}{3}} + p_{\frac{9}{4}}^{\frac{2}{3}} + p = p + p_{\frac{9}{4}}^{\frac{2}{3}} + p_{25}^{\frac{2}{3}}$$

$$p^2 + p^2 + p^2 + p^2 = 2p^2 + 2p^2 + 2p^2 + 2p^2$$