

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Класс 10

Вариант 10-01

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

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

2) Найти время полета камня.

3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

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 $M = 5m$. 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?

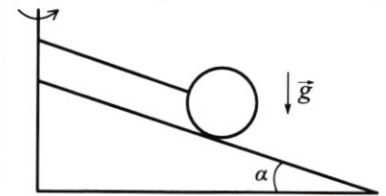
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) Какой скорости достигнет ящик, если 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 натяжения нити, если система покоится.

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

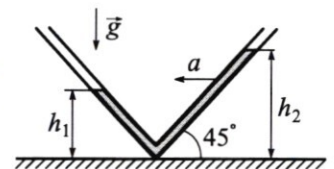


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

1) Найдите ускорение a трубки.

2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

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



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ 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 $\gamma = 4,7$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано
 $V_0 = 8 \text{ м/с}$

$\alpha = 60^\circ$

$V_k = 2,5 V_0$

$V_{yk} = ?$

$t = ?$

$S = ?$

$$1) V_0^2 = V_y^2 + V_x^2$$

$$(2,5 V_0)^2 = V_{yk}^2 + V_{xk}^2$$

$$V_x^2 = V_{xk}^2 = (V_0 \cos \alpha)^2 \quad (\text{т.к. на гор. составляющую скорости не действует ускорение})$$

составляющую скорости не действует ускорение)

$$(2,5 V_0)^2 = V_{yk}^2 + (V_0 \cos \alpha)^2$$

$$6,25 V_0^2 = V_{yk}^2 + \frac{V_0^2}{4}$$

$$V_{yk}^2 = 6 V_0^2 \Rightarrow V_{yk} = V_0 \sqrt{6} = 8 \sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,2 \text{ м/с}$$

$$2) \vec{V} = \vec{V}_0 + \alpha \vec{t}$$

$$0_y: -V_{yk} = V_0 \sin \alpha - g t$$

$$t = \frac{V_0 \sin \alpha + V_{yk}}{g} = \frac{8 \frac{\sqrt{3}}{2} + 8 \sqrt{6}}{10} = \frac{8 \sqrt{3} + 8 \sqrt{6}}{10}$$

$$= \frac{6,96 + 19,2}{10} \approx 2,616 \text{ с}$$

$$\begin{array}{r} 6,96 \\ + 19,20 \\ \hline 26,16 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 2,616 \\ 10,464 \\ \hline 26,16 \end{array}$$

$$3) S = V_0 \cos \alpha t = 2,616 \cdot 8 \cdot \frac{1}{2} \approx 10,464 \text{ м}$$

Ответ: 1) $V_{гк} = 19,2 \text{ м/с}$

2) $t = 2,616 \text{ с}$

3) $S = 10,464 \text{ м}$

ус.

Дано

$T = 95^\circ\text{C}$

$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$

$\gamma = 4,4$

$\rho_0 = 12 \text{ см}^3$

$\mu = 18 \text{ г/моль}$

1) $PV = \nu RT$; $\nu = \frac{m}{\mu}$

$PV = \frac{m}{\mu} RT$

$P = \frac{\rho_n}{\mu} RT$

$\rho_n = \frac{P\mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} =$

процесс изотермический $\Rightarrow PV = \text{const}$
 $\rho_n = \text{const}$

1) $\frac{\rho_n}{\rho_0}$

$= 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ (вычисление на термобаре)
(вычисление для проведения на термобаре)

2) $\frac{V_n}{V_0}$

$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{0,5}{10^3} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ проц}$

2) так как к моменту, когда объем газа увеличился в $\gamma = 4,4$ раз, газ по-прежнему находится при той же температуре (изотерм. процесс) $\Rightarrow P_g = P$; $T_g = T$

$PV = \nu RT$ - в начальном состоянии

$P \frac{V}{\gamma} = (\nu - \Delta \nu) RT$, $\Delta \nu$ - кол-во в-го, которое вывелись вверх.

$\gamma = \frac{V}{V - \Delta V}$; $\gamma V - \gamma \Delta V = V$

$\Delta V = \frac{\gamma V - V}{\gamma} = \frac{3,4}{4,4} V$

$\frac{V_n}{V_0} = \frac{m_n \rho_0}{\rho_n m_0}$; $\frac{m_n}{\rho_n m_0} = \frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{V - \Delta V}{\Delta V} = \frac{V_n}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho_n} \cdot \frac{V - \Delta V}{\Delta V}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{1 - \frac{3,4}{4,4} D}{\frac{3,4}{4,4} D} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{14,4 - 3,4 D}{4,4 \cdot 3,4 D}$$

$$= \frac{1}{5 \cdot 10^{-4} \cdot 3,4} = \frac{10^4}{18,5} = \frac{3,4}{18,5}$$

$$\begin{array}{r} 1000 \overline{) 185} \\ 925 \\ \hline 925 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 185 \overline{) 1000} \\ 5 \cdot 185 = 925 \\ \hline 750 \\ 740 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$= 5,04 \cdot 10^2$$

ответ: 1) $\frac{F_n}{F_b} = 5 \cdot 10^{-4}$

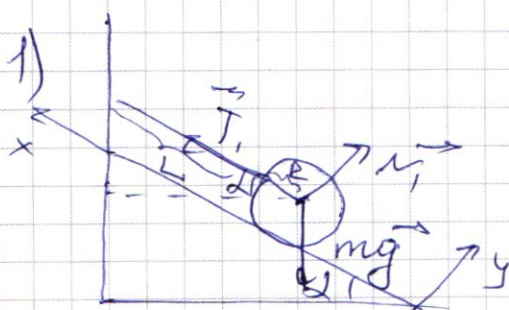
2) $\frac{V_n}{V_b} = 5,04 \cdot 10^2$

$\sqrt{3}$

Дано
m, R
d, L
 ω

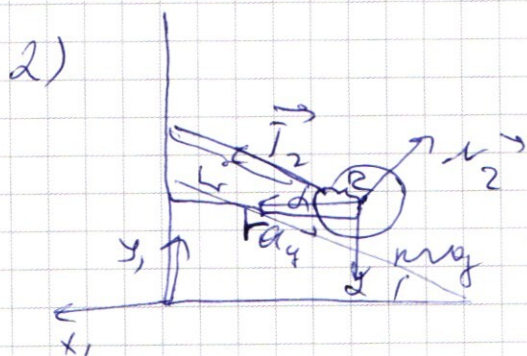
1) T_1 - ?

2) T_2 - ?



$$0 = \vec{T}_1 + \vec{N}_1 + m\vec{g}$$

$$\text{Ox: } T_1 = mg \sin \alpha$$



$$m\vec{a}_4 = \vec{T}_2 + \vec{N}_2 + m\vec{g}$$

$$\text{Ox: } m a_4 + T_2 \cos \alpha = N_2 \sin \alpha$$

$$\text{Oy: } mg = T_2 \sin \alpha + N_2 \cos \alpha$$

$$\frac{ma_y + T_2 \cos \alpha}{mg - T_2 \sin \alpha} = \tan \alpha$$

$$ma_y + T_2 \cos \alpha = mg \tan \alpha - \frac{T_2 \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \quad | \cdot \cos \alpha$$

$$ma_y \cos \alpha + T_2 \cos^2 \alpha = mg \sin \alpha - T_2 \sin^2 \alpha$$

$$T_2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = mg \sin \alpha - ma_y \cos \alpha$$

$$T_2 = mg \sin \alpha - ma_y \cos \alpha$$

$$a_y = \omega^2 r ; r = (L + R) \cos \alpha$$

$$T_2 = m(g \sin \alpha - \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha)$$

$$\text{Ответ: } T_2 = m(g \sin \alpha - \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha)$$

$$1) T_1 = mg \sin \alpha ; 2) T_2 = m(g \sin \alpha - \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha)$$

НН

Дано

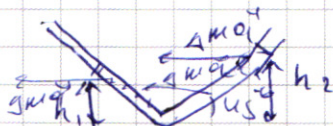
$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

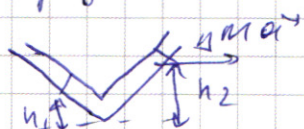
$$h_2 = 12 \text{ см}$$

$$1) a - ?$$

$$2) V - ?$$



перегиб в ННСО, вызванный стружкой:



инерциальный
силы компенсирует
разность давлений
в трубке.

$$\vec{F}_{\text{ин}} = \vec{F}_g$$

$$m a = \rho g (h_2 - h_1) S$$

$$m = \frac{(h_1 + h_2)}{\sin 45^\circ} \cdot S \cdot \rho$$

$$\frac{(h_1 + h_2)}{\sin 45^\circ} \cdot S \cdot \rho a = \rho g (h_2 - h_1) S$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{(h_1 + h_2)}{\sin 45^\circ} a = g(h_2 - h_1)$$

$$a = \frac{g(h_2 - h_1) \sin 45^\circ}{h_1 + h_2} = \frac{10 \cdot 4 \sqrt{2}}{2 \cdot 20} = \sqrt{2} \text{ м/с}^2$$

2) Возьмем очень маленькую часть воды массой Δm на высоте h_2

$$\Delta m g h_2 = \frac{\Delta m V^2}{2} + \Delta m g (h_1 + h_2) h_3$$

вода будет находиться в трубе на уровне $h_3 = \frac{(h_1 + h_2)}{2} = 10 \text{ см}$, ~~или~~ когда

труба станет горизонтально

$$\Delta m g h_2 = \frac{\Delta m V^2}{2} + \Delta m g \frac{(h_1 + h_2)}{2}$$

$$2 g h_2 - g(h_1 + h_2) = V^2$$

$$2 g h_2 - g h_1 - g h_2 = V^2$$

$$g(h_2 - h_1) = V^2$$

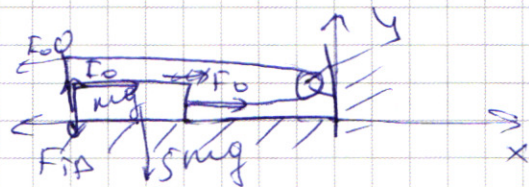
$$V = \sqrt{g(h_2 - h_1)} = \sqrt{10 \cdot 4} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $a = \sqrt{2} \text{ м/с}^2$

2) $V = \sqrt{40} \text{ м/с}$
 $\sqrt{2}$

Дано

S
 $m; M = 5m$
 μ



1) $P_0 = ?$

2) $F_0 = ?$

3) $V_k = ?$

1) $P_0 = mg + Mg = mg + 5mg = 6mg$

2) Какой толкает блок с силой F_0 и человек толкает блок с силой F_0

$$0 = F_0 + F_0 + mg + 5mg + N_0 + F_{TP}$$

0x: $F_{TP} = 2F_0$

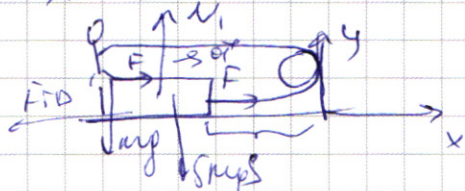
0y: $N_0 = 6mg$

$$6mg\mu = 2F_0 \quad F_{TP} = N_0\mu$$

$$F_0 = 3mg\mu$$

3) $5m\vec{a} = \vec{F} + \vec{F} + m\vec{g} + 5m\vec{g} + \vec{N}_0 + \vec{F}_{TP}$

0x: $5ma =$



0x: $5ma = 2F - F_{TP}$

0y: $N_1 = 6mg$

$$F_{TP} = N_1\mu$$

$$5ma = 2F - 6mg\mu$$

$$a = \frac{2F - 6mg\mu}{5m}$$

$$S = \frac{V_k^2 - V_0^2}{2a} \quad V_0 = 0$$

$$V_k^2 = 2aS$$

$$V_k = \sqrt{2aS} = \sqrt{\frac{2F - 6mg\mu}{5m} \cdot S}$$

Ответ: 1) $P_0 = 6mg$

2) $F_0 = 3mg\mu$

3) $V_k = \sqrt{\frac{2F - 6mg\mu}{5m} \cdot S}$

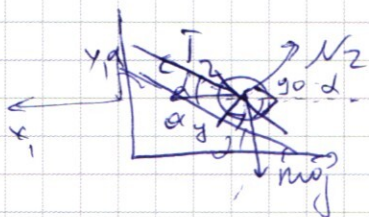
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



$$0 = \vec{T}_1 + \vec{N}_1 + m\vec{g}$$

$$O_x: T = mg \sin \alpha$$



$$m\vec{a}_y = \vec{T}_2 + \vec{N}_2 + m\vec{g}$$

$$O_x: m\omega^2 r + T_2 \cos \alpha = N_2 \sin \alpha$$

$$O_y: mg = T_2 \sin \alpha + N_2 \cos \alpha$$

$$\frac{m\omega^2 r + T_2 \cos \alpha}{mg - T_2 \sin \alpha} = \tan \alpha$$

$$m\omega^2 r + T_2 \cos \alpha = mg \tan \alpha - T_2 \sin \alpha \tan \alpha$$

$$m\omega^2 r + T_2 \cos \alpha = mg \tan \alpha - T_2 \sin^2 \alpha$$

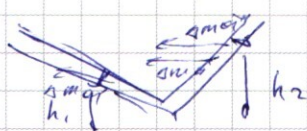
$$m\omega^2 r \cos \alpha + T_2 \cos^2 \alpha = mg \sin \alpha - T_2 \sin^2 \alpha$$

$$mg \sin \alpha - m\omega^2 r \cos \alpha = T_2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha)$$

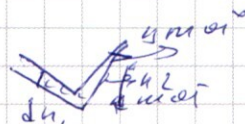
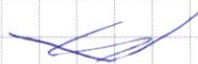
$$r = (L + R) \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha - m\omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha = T_2$$

$$m(g \sin \alpha - \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha) = T_2$$



перейдем в ККВ, учитывая
с треуголь



инерционными
силы компенси-
руют разность
сил в
треуголь

$$\vec{F}_{\text{уп}} = \vec{F}_g$$

$$(h_1 + h_2) \rho \sin \alpha = (\rho g h_2 - \rho g h_1) g$$

$$(h_1 + h_2) \sin \alpha = h_2 - h_1$$

$$\sin \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{0,2 \cdot \sin 50^\circ}{0,2 + 0,2} = 0,14 \text{ м/с}^2$$

$$0,2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,1 \cdot 1,4$$

$$\frac{\Delta m V^2}{2} + \Delta m g h_2 = \Delta m g \frac{(h_1 + h_2)}{2} + \frac{\Delta m V^2}{2}$$

$$\frac{\Delta m V^2}{2} + \Delta m g h_1 = \Delta m g \frac{(h_1 + h_2)}{2} + \frac{\Delta m V^2}{2}$$

$$\frac{V^2}{2} + g h_2 = g \frac{(h_1 + h_2)}{2} + \frac{V^2}{2}$$

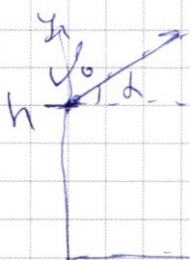
$$\frac{V^2}{2} + g h_1 =$$

$$V^2 + g (h_1 + h_2) =$$

$$\frac{\Delta m V^2}{2} + \Delta m g h_2 = \Delta m g \frac{(h_1 + h_2)}{2} + \frac{\Delta m V^2}{2}$$

$$\frac{\Delta m V^2}{2} + \Delta m g h_1 = \Delta m g \frac{(h_1 + h_2)}{2} + \frac{\Delta m V^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{array}{r} 12,5 \\ \times 2,5 \\ \hline 312,5 \\ 50 \end{array}$$

$$1,234$$

$$\begin{array}{r} 0,84 \\ \times 8 \\ \hline 6,96 \end{array}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m6,25v_0^2}{2}$$

$$v_0^2 + 2gh = 6,25v_0^2$$

$$h = \frac{5,25v_0^2}{2g} = \frac{5,25 \cdot 64}{20} = 5,25 \cdot 3,2 = 16,8 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 5,25 \\ \times 6,4 \\ \hline 33,600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5,25 \\ \times 6,4 \\ \hline 2100 \\ 3150 \\ \hline 33,600 \end{array}$$

$$0 = h + v_0 \sin 60^\circ t - \frac{g}{2} t^2$$

$$5t^2 - 22,46,96t - 16,8 = 0$$

$$\begin{array}{r} 33,6 \\ \times 2,0 \\ \hline 672 \\ 672 \\ \hline 721 \end{array}$$

$$D = 48,4 + 672 = 720,4 \approx 26,8^2$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 124 \\ \hline 189 \\ 54 \\ \hline 723 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6,96 \\ \times 6,96 \\ \hline 4176 \\ 6264 \\ \hline 48,4416 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 26 \\ \times 26 \\ \hline 156 \\ 52 \\ \hline 676 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 26,8 \\ \times 26,8 \\ \hline 2144 \\ 1608 \\ \hline 7182,4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6,96 \\ \times 6,96 \\ \hline 2680 \\ 696 \\ \hline 33,46 \end{array}$$

$$t_1 = \frac{6,96 + 26,8}{10} = 3,376 \text{ с}$$

$$t_2 < 0 - \text{не имеет}$$

$$\begin{array}{r} 1,4 \\ \times 8 \\ \hline 11,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,4 \\ \times 1,4 \\ \hline 98 \\ 14 \\ \hline 2,38 \end{array}$$

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$P = \frac{\rho}{M} RT$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} \quad \frac{PM}{RT} = \frac{2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368}$$

$$\frac{2,5 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4} \cdot 10}{8,31 \cdot 368} = \frac{2,5 \cdot 18 \cdot 10}{8,31 \cdot 368}$$

$$\frac{2,5 \cdot 18 \cdot 10}{8,31 \cdot 368} = 1,022$$

$$\frac{2500 \cdot 18}{831 \cdot 368} = 1,022$$

$$1,022 \cdot 10,22 \cdot 18 = 368$$

$$0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{0,5 \text{ кг}}{1000} = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{2500 \cdot 18}{831 \cdot 368} = 1,022$$

$$\frac{1}{2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{1,8}{36} = 0,05$$

$$\frac{1,8}{36} = 0,05$$

$$\frac{1,8}{36} = 0,05$$

$$\frac{1,8}{36} = 0,05$$

$$\frac{1,8}{36} = 0,05$$

$$\frac{1,8}{36} = 0,05$$

$$\frac{1,8}{36} = 0,05$$

$$\frac{1,8}{36} = 0,05$$

$$\frac{1,8}{36} = 0,05$$

$$PV = \rho RT$$

$$\rho = \frac{PV}{RT}$$

$$\rho = \frac{P}{V - \Delta V}$$

$$V - \Delta V = \frac{P}{\rho}$$

$$\Delta V = \frac{P}{\rho} - V = \frac{4 \cdot 10^5 - 10^5}{1,4}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{m_1 \rho_2}{m_2 \rho_1}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

$$2,5 \cdot 10^{-4} = 2,5 \cdot 10^{-4}$$

$$V_y^2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 10 = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$V_y = \sqrt{2,5 \cdot 10^{-3}} = 0,05$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{0,05^2 + 0,05^2} = 0,07$$

$$97 - 8\sqrt{2} = 8\sqrt{2}$$