

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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?

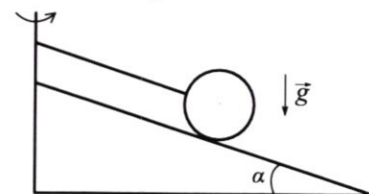
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

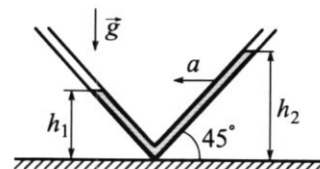


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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

$v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $v_y - ?$
 $t - ?$
 $h - ?$

$v_x = \text{const} = v_0 \cos \alpha \Rightarrow \text{из т. Пифагора } (2v_0)^2 = v_x^2 + v_y^2$

$$v_y = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = 10 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} =$$

$$= 5\sqrt{13} \approx 18 \text{ м/с}$$

2)

$\vec{v}_0 + \vec{g}t = 2\vec{v}_0$

по у: $v_0 \sin \alpha - gt = -v_y$

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha + v_y}{g} = \frac{10 \cdot 0,5 + 18}{10} = 2,3 \text{ с}$$

3) по у: $-h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$

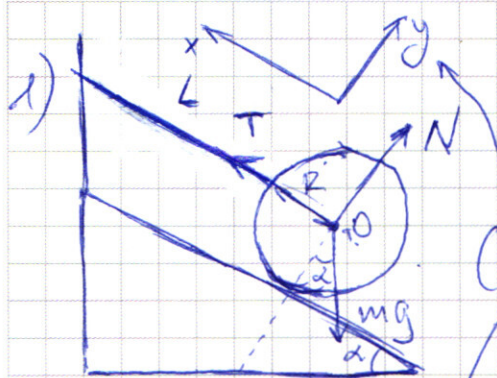
$$h = -v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = -10 \cdot 0,5 \cdot 2,3 + \frac{10 \cdot 2,3^2}{2} =$$

$$= -11,5 + 26,45 = 14,95 \text{ м} \approx 15 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $v_y = 18 \text{ м/с}$;

2) $t = 2,3 \text{ с}$;

3) $h = 15 \text{ м.}$



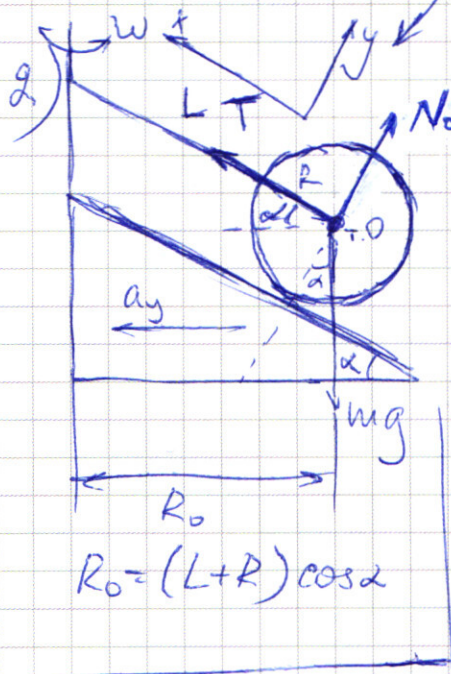
~ 3. Т.О - центр масс шарика $m; R; \alpha; L$

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

оу: $N = mg \cos \alpha$

$N - ?$
$N_0 - ?$

(Ох параллельна поверхності кална;
оу перпендикулярна поверхності кална)



$$\vec{m\vec{g}} + \vec{T} + \vec{N}_0 = m\vec{a_y}$$

ох: $T - mg \sin \alpha = ma_y \cos \alpha$

оу: $N_0 - mg \cos \alpha = -ma_y \sin \alpha$

$$N_0 = m(g \cos \alpha - a_y \sin \alpha)$$

$$a_y = \frac{v^2}{R_0} = \omega^2 R_0 = \omega^2 (L+R) \cos \alpha \rightarrow$$

$$\Rightarrow N_0 = m(g \cos \alpha - \omega^2 (L+R) \sin \alpha \cos \alpha) =$$

$$= \boxed{m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha) = N_0}$$

Ответ: 1) $N = mg \cos \alpha$;

2) $N_0 = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$t = 27^\circ\text{C}; T = 300\text{K}$
 $\rho = 3,55 \cdot 10^3 \text{Па}$
 $T = \text{const}$
 $\frac{V_2}{V_1} = \gamma = 5,6$

$\sim 5.$
 $T = \text{const}$
 П.н. пар насыщенный, то
 при изменении объема
 $\rho = \text{const}$ (меняется
 только кол-во вод. пара)

$\frac{\rho_n}{\rho_b} = ?$
 $\frac{V_n}{V_b} = ?$

1) $\rho V_1 = \nu_1 RT$ (V_1 - нач. объем
 γ - кол-во вод. пара
 вначале)
 $\rho V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT$
 $\rho = \frac{m_1}{V_1} \cdot \frac{1}{\mu} RT = \rho_n \cdot \frac{1}{\mu} RT$

$\rho_n = \frac{\rho \mu}{RT} \Rightarrow \left[\frac{\rho_n}{\rho_b} = \frac{\rho \mu}{\rho_b RT} \right] = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 300} =$
 $= \frac{0,0639}{8,31 \cdot 300} \approx \frac{0,08}{300} \approx 2,6 \cdot 10^{-4}$

масса пара вначале
 масса образ. воды.
 $m_1 = m_2 + m_b$
 масса пара вначале

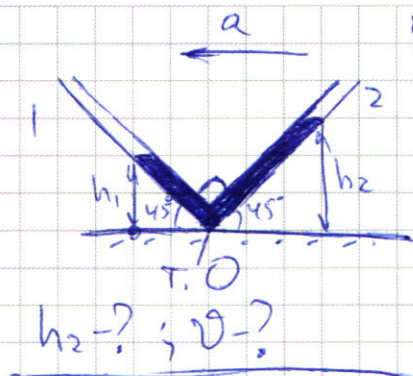
2) 1: $\rho V_1 = \nu_1 RT$
 2: $\rho V_2 = \nu_2 RT$
 $\rho \gamma V = \frac{m}{\mu} RT$
 $\rho V = \frac{m_2}{\mu} RT$
 $\gamma = \frac{m_1}{m_2}$
 $m_1 = m_2 + m_b$
 $m_b = m_1 - m_2 = \gamma m_2 - m_2 = m_2 (\gamma - 1)$

~~Сколько пар образуется при изменении объема?~~

$\frac{m_2}{m_b} = \frac{1}{\gamma - 1} = \frac{1}{4,6} \approx 0,22$
 $V_n = \frac{m_2}{\rho_n}; V_b = \frac{m_b}{\rho_b}$
 $\frac{V_n}{V_b} = \frac{m_2 \cdot \rho_b}{m_b \cdot \rho_n} = 0,22 \cdot \frac{1}{2,6 \cdot 10^{-4}} =$
 $\approx 0,88 \cdot 10^3 = 880$

Ответ: 1) $\frac{\rho_n}{\rho_b} = 2,6 \cdot 10^{-4}$; 2) $\frac{V_n}{V_b} = 880$

$$a = 4 \text{ м/с}^2; \alpha = 45^\circ; h_1 = 10 \text{ см}$$



1) Ж.л. сосуд движется с ускорением, то разность давлений в т.О есть.

$$p_1 = \rho g h_1 \text{ (давление в левом колене в т.О)}$$

$$p_2 = \rho g h_2 \text{ (давление в правом колене в т.О)}$$

$$m a = F_2 - F_1 = S(p_2 - p_1) = \rho g S(h_2 - h_1)$$

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

$$l \cdot S a = g S(h_2 - h_1)$$

$$l a = g(h_2 - h_1)$$

сосуд постоянного сечения



треугольник равнобедренный и прямоугольный

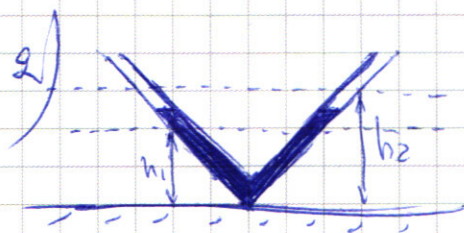
(по т. Пифагора)

$$\sqrt{2} a h_1 + \sqrt{2} a h_2 = g h_2 - g h_1$$

$$l = \sqrt{2} h_1 + \sqrt{2} h_2$$

$$h_1(g + \sqrt{2} a) = h_2(g - \sqrt{2} a)$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{g + \sqrt{2} a}{g - \sqrt{2} a} = 10 \cdot \frac{10 + 4\sqrt{2}}{10 - 4\sqrt{2}} \approx 10 \cdot \frac{156}{44} \approx 35 \text{ см}$$



Ж.л. сосуд постоянного сечения, то насколько опустилось масло, насколько оно и поднялось. $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{среднее значение } h = \frac{h_2 + h_1}{2} \Rightarrow \text{опустилось}$$

$$\text{масло на } \Delta h = h - h_1 = \frac{h_2 - h_1}{2} \Rightarrow \text{запишем закон}$$

сохранения энергии:



$$m g \Delta h = \frac{m v^2}{2}$$

$$m g \frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{g(h_2 - h_1)} = \sqrt{10 \cdot (0,35 - 0,1)} \approx 1,6 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $h_2 = 35 \text{ см}$; 2) $v = 1,6 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$m; M=2m$
 $S; \mu$

$N_0 - ?$
 $F_0 - ?$
 $F - ?$
($F > F_0$)

1) теловен: $ox: T = N_x$
 $oy: mg = N_y$
шуча: $oy: N = 2mg$
 $N_0 = N_x + N = 3mg = N_0$

2) $F_0 = T$. Запишем 2 закона Ньютона для системы (теловен + шуча):
 $ox: 2T - F_{fr} = 0$ - они движутся равномерно.
 $2T = 3\mu mg$
 $T = \frac{3}{2}\mu mg = F_0$

3) $ox: 2T - F_{fr} = 3ma$ ($T = F$)
 $2T - 3\mu mg = 3ma$
 $a = \frac{2F}{3m} - \mu g$
 $S = \frac{at^2}{2}$ ($v = 0$ - нач. скорость)
 $t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S - 3m}{2F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}} = t$

Ответ: 1) $N_0 = 3mg$;
2) $F_0 = \frac{3}{2}\mu mg$;
3) $t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$.

1) $ay: N_y = mg$
 $N = 2mg$
 $(N_1 + N) \Rightarrow N_0 = 3mg$

2) $ax: N_x + T - F_{\text{тр}} = 0$
 $2T - \mu N_0 = 0$
 $2T = \mu \cdot 3mg$
 $F_0 = T = \frac{3}{2} \mu mg$

$T = F_0$

3) $2F - 3\mu mg = 3ma$

$$a = \frac{2F}{3m} - \mu g$$

$$S = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$= \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{3m} - \mu g}}$$

$$= \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}} = t$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $v_y = ?$
 $t = ?$
 $h = ?$

1) $v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$
 $(2v_0)^2 = v_x^2 + v_y^2$
 $v_y = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} =$
 $= 10 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{16-3}{4}} = 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13} \text{ м/с} \approx$
 $\approx 18 \text{ м/с}.$

2) $2\vec{v}_0 = \vec{v}_0 + \vec{g}t$
 $ay: -v_y = v_0 \sin \alpha - gt$
 $t = \frac{v_0 \sin \alpha + v_y}{g} = \frac{10 \cdot 0,5 + 18}{10} = 2,3 \text{ с}$

3) $h = -v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = -10 \cdot 0,5 \cdot 2,3 + \frac{10 \cdot 2,3^2}{2} =$
 $= -11,5 + 26,45 \approx 15 \text{ м}.$

Handwritten calculations for $5\sqrt{13}$:

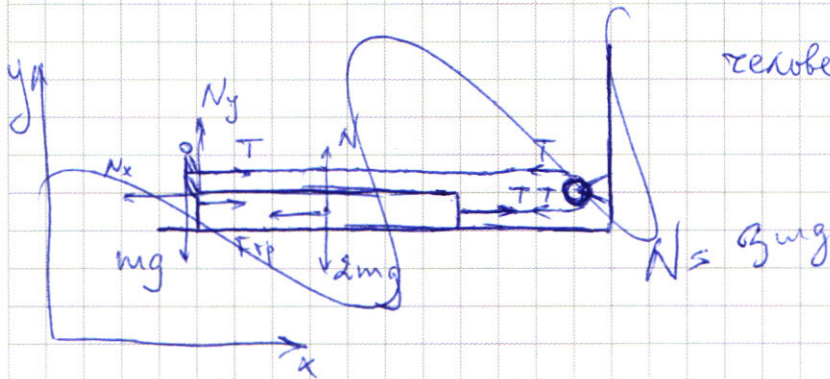
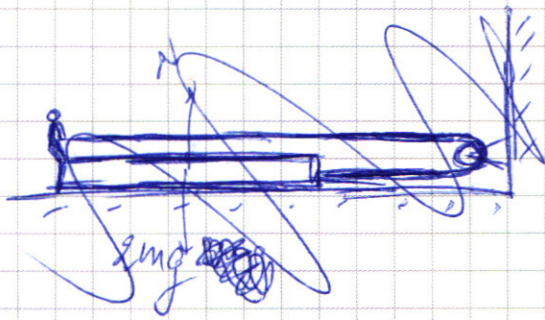
$$\begin{array}{r} 11,5 \\ \times 2,3 \\ \hline 345 \\ 230 \\ \hline 26,45 \end{array}$$

Handwritten calculations for $2,3$:

$$\begin{array}{r} 3,6 \\ \times 18,0 \\ \hline 18,0 \end{array}$$

~2.

~~ПРОПЕРА~~

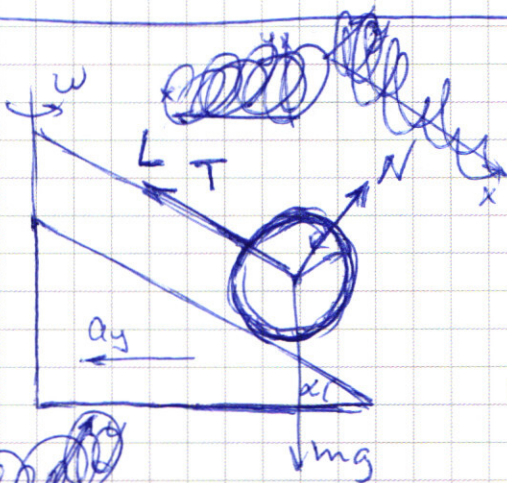


человек:

$$N_y = m a_y$$

$$N_x = T$$

$$N = 3mg$$



1) $N = mg \cos \alpha$

~~ПРОПЕРА~~ $T = mg \sin \alpha$

2) $(L+R) \cos \alpha = R_0$

~~ПРОПЕРА~~

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_0 = m\vec{a}_y$$

0x: $-mg \sin \alpha + T = m a_y \cos \alpha = m \omega^2 R \cos \alpha$

0y: $N_0 - mg \cos \alpha = -m a_y \sin \alpha = -m \omega^2 R \sin \alpha$

$$N_0 = m(g \cos \alpha + \omega^2 R \sin \alpha)$$

1 3. 4 5 4

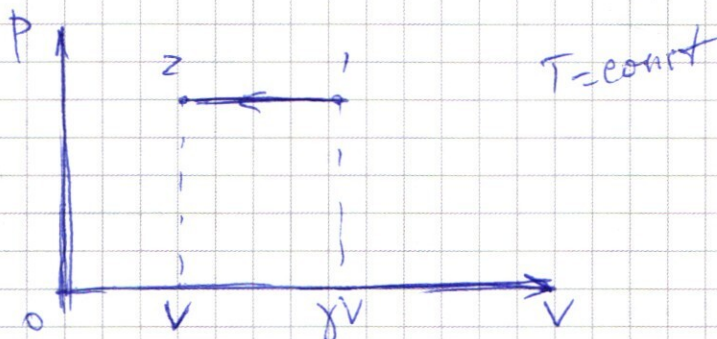
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$t = 27^\circ\text{C}$$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\frac{p_n}{p_B} = ?$$

$$T = 300 \text{ K}$$



$$p = \text{const}$$

$$p \gamma V = \frac{m_{n1}}{\mu} RT$$

$$p V = \frac{m_{n2}}{\mu} RT$$

$$\gamma = \frac{m_{n1}}{m_{n2}}$$

$$m_{n1} = \gamma m_{n2}$$

$$m_{n1} = m_{n2} + m_B$$

$$m_B = m_{n1} - m_{n2} = (\gamma - 1) m_{n2}$$

$$\frac{m_{n2}}{m_B} = \frac{m_{n2}}{(\gamma - 1) m_{n2}} = \frac{1}{\gamma - 1} = \frac{1}{4,6} = \frac{5}{23} \approx 0,22$$

$$p_n = \frac{p \mu}{RT}$$

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

$$\frac{p_n}{p_B} = \frac{p \mu}{p_B RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 300} \approx 2,6 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{0,08}{300} = \frac{8}{30000}$$

$$= 2,6 \cdot 10^{-4}$$

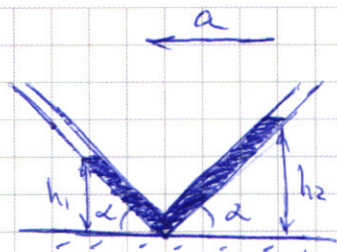
$$\begin{array}{r} 50 \overline{) 23} \\ - 46 \\ \hline 40 \\ - 23 \\ \hline 170 \\ - 161 \\ \hline 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \\ 0,018 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 0,06390 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 63908310 \\ \hline 0,08 \end{array}$$

$$0,0639 \overline{) 831}$$

2.1.



$$1) \rho S (p g h_2 - p g h_1) = m a$$

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

$$S g (h_2 - h_1) = V a$$

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

$$g (h_2 - h_1) = (\sqrt{2} h_1 + \sqrt{2} h_2) a$$

$$g h_2 - g h_1 = \sqrt{2} a h_1 + \sqrt{2} a h_2$$

$$h_2 (g - \sqrt{2} a) = h_1 (g + \sqrt{2} a)$$

$$h_2 = h_1 \frac{g + \sqrt{2} a}{g - \sqrt{2} a}$$

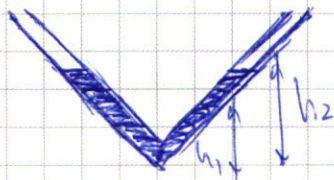
$$\sqrt{2} \approx 1,4 \quad \frac{156}{44} = \frac{39}{11}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,4 \\ 1,4 \\ \hline 5,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 39 \overline{) 11} \\ - 33 \quad 6 \\ \hline 60 \\ - 55 \quad 5 \\ \hline 50 \end{array}$$

$$= 10 \frac{10 + 5,6}{10 - 5,6} = \frac{10 + 5,6}{10 - 5,6} \cdot 10 = \frac{156}{44} \cdot 10 \approx 10 \cdot 3,5 = 35 \text{ cm}$$

2)



$$h_2 - \frac{h_2 + h_1}{2} = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

$$m g \frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{m v^2}{2}$$

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

$$v = \sqrt{g (h_2 - h_1)} = \sqrt{10025} = \sqrt{2,5 a} = 1,6 \text{ m/s}$$

$$\begin{array}{r} 1,6 \\ \times 1,6 \\ \hline 96 \\ 16 \\ \hline 2,56 \end{array}$$

$$v = \sqrt{g (h_2 - h_1)}$$