

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-01

Класс 10

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 $2,5V_0$.

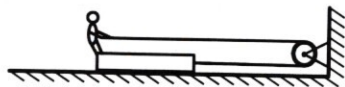
1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

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?

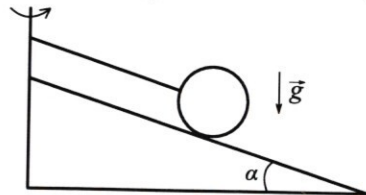
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

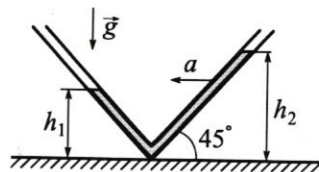


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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

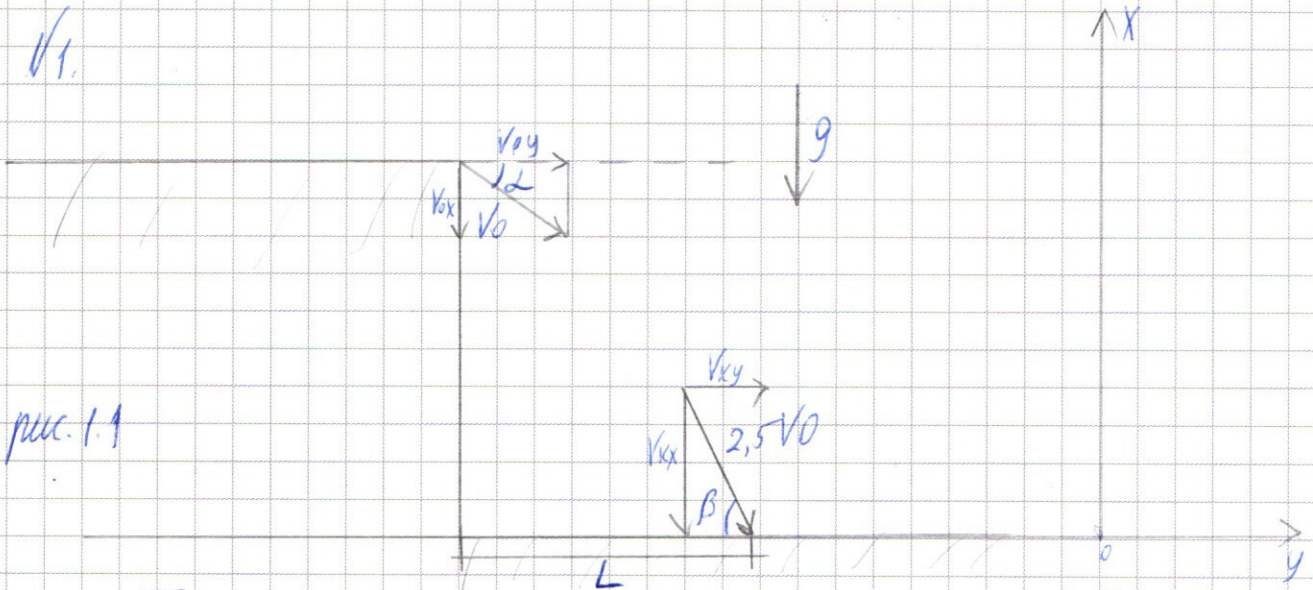


рис. 1.1
П.к. В условии сказано, что камень все время приближается, то v_{0x} направлено вниз. П.к. на оси OY на камень не действуют силы, то v_{0y} скорости по оси OY в начале и в конце одинаковы

$$v_{0y} \cdot \cos \alpha = 2,5 \quad v_{0y} = v_0 \cdot \cos \alpha = 2,5 v_0 \cdot \cos \beta \Rightarrow$$

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2,5} = \frac{1}{5}$$

1) Пусть $v_k = 2,5 v_0$, тогда $v_{kx} = 2,5 v_0 \cdot \sin \beta = 2,5 v_0 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \beta} =$
 $= 2,5 \cdot 8 \sqrt{\frac{24}{25}} = 0,5 \cdot 8 \cdot 2\sqrt{6} = 8\sqrt{6} \approx 8 \cdot 2,4 = 19,2 \frac{м}{с}$

2) По формуле равноускоренного движения найдем t (время падения)
 $v_{kx} = v_{0x} + gt \Rightarrow t = \frac{v_{kx} - v_{0x}}{g} = \frac{v_{kx} - v_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{19,2 - 4\sqrt{5}}{10} \approx$
 $\approx \frac{19,2 - 4 \cdot 2,24}{10} = \frac{19,2 - 8,96}{10} = \frac{10,24}{10} = 1,024 с$

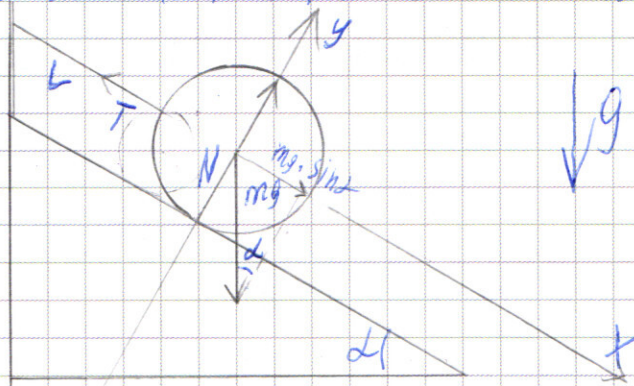
3) По формуле равномерного ~~равно~~ движения найдем L (рис. 1.1)
 $L = v_{0y} t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,024 = 4 \cdot 1,024 = 4,096 м$

Ответ: 1) $19,2 \frac{м}{с}$; 2) $1,024 с$; 3) $4,096 м$

№ 3

1) Когда система покоится система выглядит так

рис 3.1

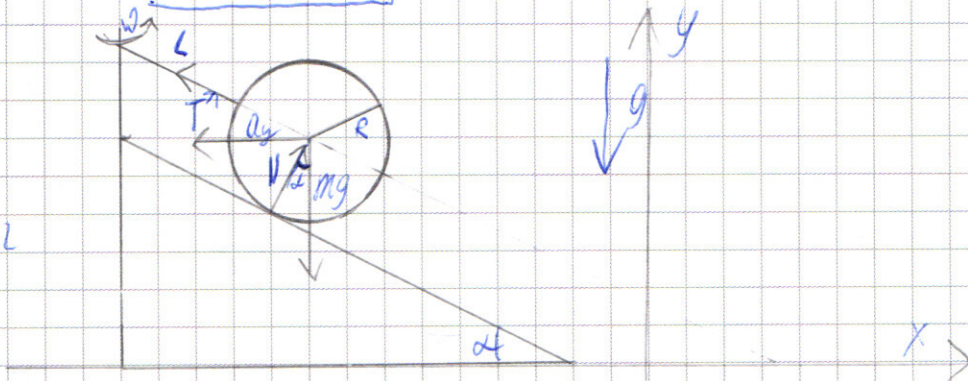


П.к система в покое, но на шар действуют 3 силы, Т (сила натяжения нити), N (сила реакции опоры), mg (сила тяжести). И т.к шар в покое то результирующая сила $\vec{F}_R = 0$. Тогда по ~~оси~~ OX $mg \sin \alpha - T =$

$$= 0 \Rightarrow \boxed{T = mg \sin \alpha}$$

2)

рис 3.2



П.к система ускоряется, то у неё появляется a_y (дискретно-стрелительная, ~~движение~~ ускорение) $\Rightarrow \vec{F}_R = m \vec{a}_y$

Распишем второй закон Ньютона по OX.

$$F_R = T_x - N_x$$

$$m a_y = T \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Распишем второй закон Ньютона по OY:

$$0 = T_y + N_y - mg \Rightarrow mg = T \sin \alpha + N \cos \alpha \Rightarrow N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha} \quad (2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Через формулу a_y , найдем a_y

$a_y = \omega^2 S$, где S расстояние от оси, до центра масс

$$S = (L+R) \cos \alpha \quad a_y = \omega^2 (L+R) \cos \alpha \quad (3)$$

Подставим (2), (3) в (1)

$$m\omega^2 (L+R) \cos \alpha = T \cos \alpha = mg \tan \alpha + T \tan \alpha \sin \alpha \Rightarrow$$

$$T = m \left(\frac{\omega^2 (L+R) \cos \alpha}{\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}} \right) = m \left(\frac{\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha}{1} \right) = m\omega^2 \cos^2 \alpha (L+R)$$

$$T = m\omega^2 \cos^2 \alpha (L+R)$$

~~Ответ: 1) $T = mg \sin \alpha$~~

$$T = m \left(\frac{\omega^2 (L+R) \cos \alpha + g \tan \alpha}{\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}} \right) = m (\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$$

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

№5

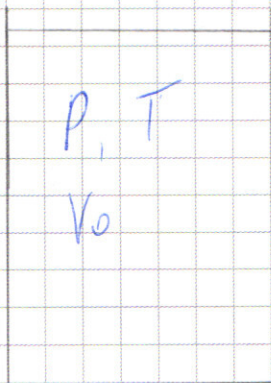


рис. 5.1

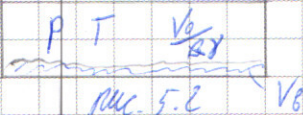


рис. 5.2

- 1) П.к. в начале у нас каскадный пар. Можно воспользоваться формулой Менделеева-Клапейрона (рис. 5.1)

$$PV_0 = \nu RT, \text{ где } \nu \text{ количество молей воды в начале водного пара}$$

$$PV_0 = \frac{m}{M} RT, \text{ где } m - \text{масса пара}$$

$$P = \frac{\rho_n}{M} RT, \text{ где } \rho_n - \text{плотность пара, как функция } T$$

$$\rho_n = \frac{PM}{RT}$$

Тогда $K = \frac{\rho_n}{\rho}$, где K отношение плотностей

$$K = \frac{PM}{RTg} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot (35+273) \cdot 10^3} = \frac{153 \cdot 10^4 - 51 \cdot 10^4}{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3 - 2,44 \cdot 368 \cdot 10^3} \approx$$

$$\approx 5 \cdot 10^{-3}$$

- 2) П.к. у нас изотермическое сжатие каскадного газа, то у нас $P_{\text{нат}} = P$ ($P_{\text{нат}}$ - давление паров при T), запишем формулы Менделеева-Клапейрона, в начале и в конце

$$PV_0 = \nu_1 RT(1), \text{ где } \nu_1 \text{ количество воды пара в начале}$$

$$\frac{PV_0}{g} = \nu_2 RT(2), \text{ где } \nu_2 \text{ количество воды пара в конце}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Пл. к у как закрытая система (кал. масс конденсатора не меняется), то

$V_1 = V_c + V_v(1)$, где V_v - кал. (конденсированной) воды

из (1), (2) и (3) найдем V_v

$$V_v = \frac{P V_c}{RT} - \frac{P V_c}{\gamma RT} = \frac{P V_c}{RT} \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right) = \frac{P V_c (\gamma - 1)}{RT \gamma}$$

Найдем массу воды $m_v = \mu V_v \Rightarrow$

$$V_v = \frac{m_v}{\rho} = \frac{\mu V_v}{\rho} = \frac{\mu P V_c (\gamma - 1)}{RT \gamma \rho} \Rightarrow$$

$$V_{v1} = \frac{V_c}{\gamma}$$

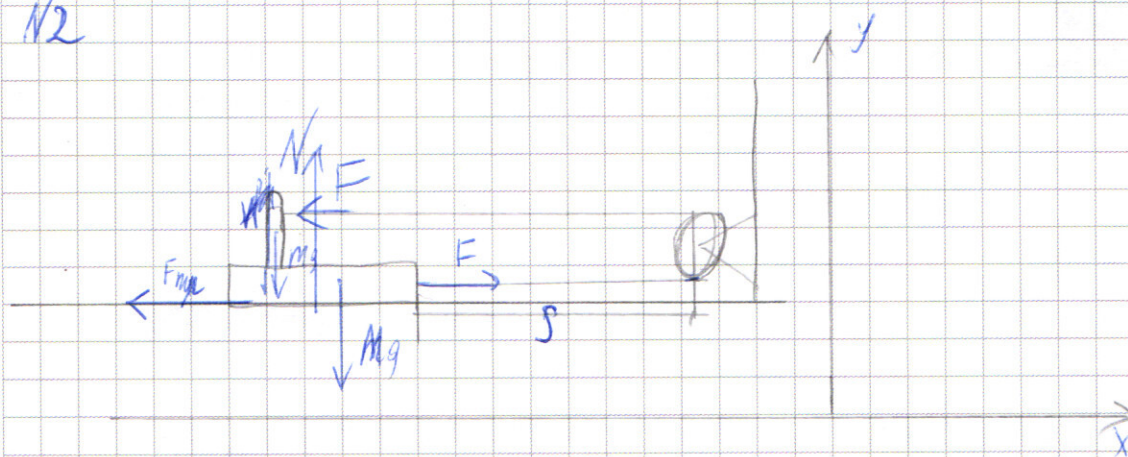
~~Найдем~~

$$\frac{V_{v1}}{V_c} = \frac{\cancel{\mu} RT \cancel{\rho} \cancel{P}}{\cancel{\mu} P \cancel{V_c} (\gamma - 1)} = \frac{RT \cdot \rho}{\mu P (\gamma - 1)} = \frac{1}{K (\gamma - 1)} = \frac{10^3}{5 \cdot 3.4} =$$

$$= \frac{1000}{18.5} = \frac{10000}{185} = \frac{2000}{37} \approx 54$$

Ответ. 1) $5 \cdot 10^3$, 2) 54

№2



- 1) Так сила тяжести по модулю равна силе реакции опоры, то $P = N$.
 А так человек на ОХ, в покое, то $N = m_3g + Mg = 6m_3g$ $P = 6m_3g$

- 2) Чтобы брусок с человеком начал двигаться $F \geq F_{\text{трлк}} \Rightarrow$
 $F_0 = F_{\text{трлк}}$, а $F_{\text{трлк}} = \mu N = 6 \mu m_3g$, $F_{\text{трлк}}$ (Мак или трения)
 $F_0 = 6 \mu m_3g$

- 3) Если $F > F_0 \Rightarrow$ что брусок с человеком будет равноускоренно двигаться.

Из 2 закона Ньютона найдем ускорение $6ma = F - 6\mu m_3g \Rightarrow$

$$a = \frac{F}{6m} - \mu g$$

Из формулы перемещения найдем v_k (конечная скорость)

$$S = \frac{v_k^2 - v_k^2}{2a}, \text{ так } v_k = 0 \text{ (} v_k \text{ - начальная скорость)}, \text{ то}$$

$$v_k = \sqrt{2aS} = \sqrt{\frac{FS}{3m} - 2\mu gS}$$

Ответы: 1) $P = 6m_3g$; 2) $F_0 = 6\mu m_3g$; 3) $v_k = \sqrt{\frac{FS}{3m} - 2\mu gS}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 24 \\ \hline + 96 \\ 48 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 8 \\ \hline 152 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 14 \\ 14 \\ \hline + 119 \\ 14 \\ \hline 283 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 85 \\ 18 \\ \hline + 880 \\ 85 \\ \hline 1530 \end{array}$$

153

$$273 + 95 = 368$$

$$F_{\text{тяг}} = N = G \cdot \eta$$

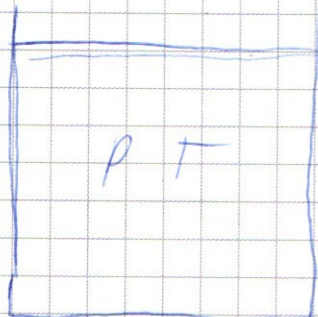
$$F_{\text{тяг}} = N \cdot \eta = G \cdot \eta \cdot \eta$$

$$S = \frac{\sigma_k^2 \cdot \omega^2}{2\alpha}$$

$$\begin{array}{r} 153 \overline{) } \\ \hline \end{array}$$

$$14 = 51$$

$$0,9 \cdot 2,44$$



$$PV = \nu RT$$

$$PV = \nu_2$$

$$\rho_2 = \frac{PV}{RT}$$

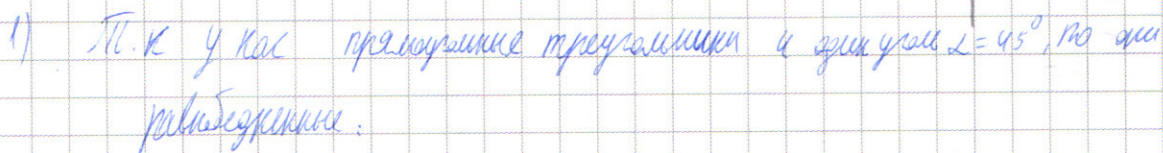
$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{PV}{\rho_1 RT}$$

$$\begin{array}{r} \times 368 \\ 244 \\ \hline + 2546 \\ + 2546 \\ + 368 \\ \hline 101956 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1000 \overline{) 185} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2000 \overline{) 34} \\ 115 \\ \hline 150 \\ 141 \\ \hline 2.0 \end{array}$$

plu. 4.1


$$P_{ly} + P_{lx} = P_{ly} + P_{lx} \quad ggh_1 + ggh_1 = ggh_2 - ggh_2 \Rightarrow$$

$$a = \frac{g(h_{\text{hel}})}{h_{\text{gel}} h_{\text{he}}} = \frac{10^{-4}}{20} = 2 \frac{\mu}{\text{e}}$$

П. к. личность односторонняя, но ценит Лев. чести и красы

Найдём центр масс по правилу рычага

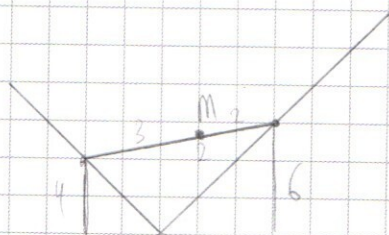
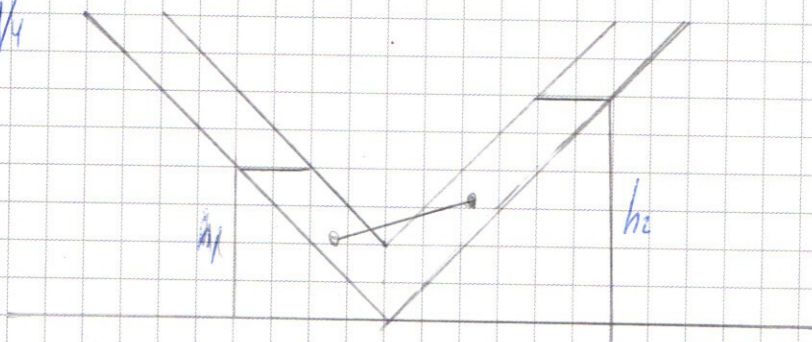
$$m_1 v_1' = m_2 \left(\frac{m_2 - m_1}{2} v_1' \right) \quad \text{и т.к. изначальное состояние } m_2 \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$Q^1 = \frac{h\nu(h\nu - h\nu_0)}{2(h\nu + h\nu_0)}$$

$$H = \frac{h_1}{2} + e' = \frac{h_1^2 + h_1 h_2 + h_2^2 - h_1 h_2}{2(h_1 + h_2)} = \frac{8^2 + 12^2}{2 \cdot 20} = \frac{208}{40} = \frac{52}{10} = 5,2 \text{ m}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



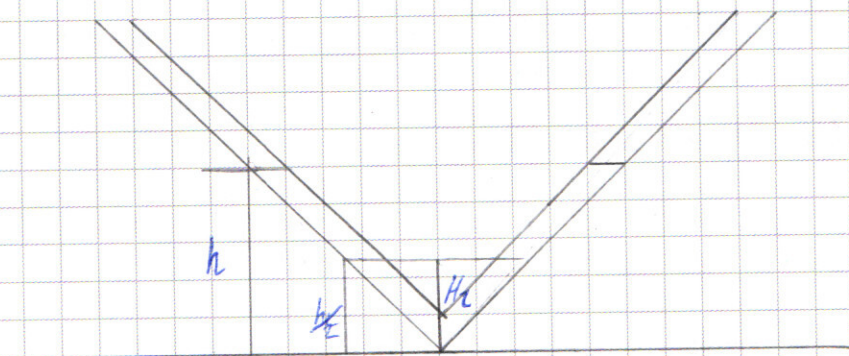
$\frac{0.5}{4.5}$

$$0.5 mgh + \frac{mv^2}{2} = 5mgh$$

$$ggh_1 + ggh_1 = ggh_2 - ggh_2$$

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

А в кончике



П.к у нас установилось равновесие и твердость везде одинакова, то высоты в лев. и прав. части сравняются. П.к масса не куда не делась, то можно установить такое уравнение $2h = h_1 + h_2$.

А центр масс в левой и прав. части будет на высоте $\frac{h}{2} \Rightarrow$ и центр масс на высоте $\frac{h}{2} = \frac{h_1 + h_2}{4} = 5 \text{ см}$

Раскрываем закон сохранения энергии

$$MgH = MgH_2 + \frac{Mv^2}{2}, M - \text{масса массы}$$

$$v = \sqrt{2g(H - H_2)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,2 \cdot 10^{-2}} \approx 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; 2) $v = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$