

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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?

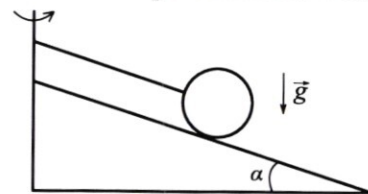
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

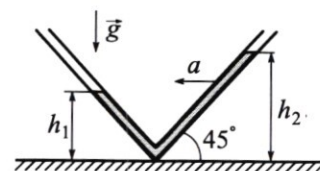


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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

№1.

$$2,5V_0 = 2,5 \cdot 8 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$x: V_x = \text{const} = V_0 \cdot \cos \alpha = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Delta X = V_x t$$

$$y: V_y = V_{0y} + gt$$

$$V_0 \sin \alpha = 4\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Delta y = V_{0y} t + \frac{gt^2}{2}$$

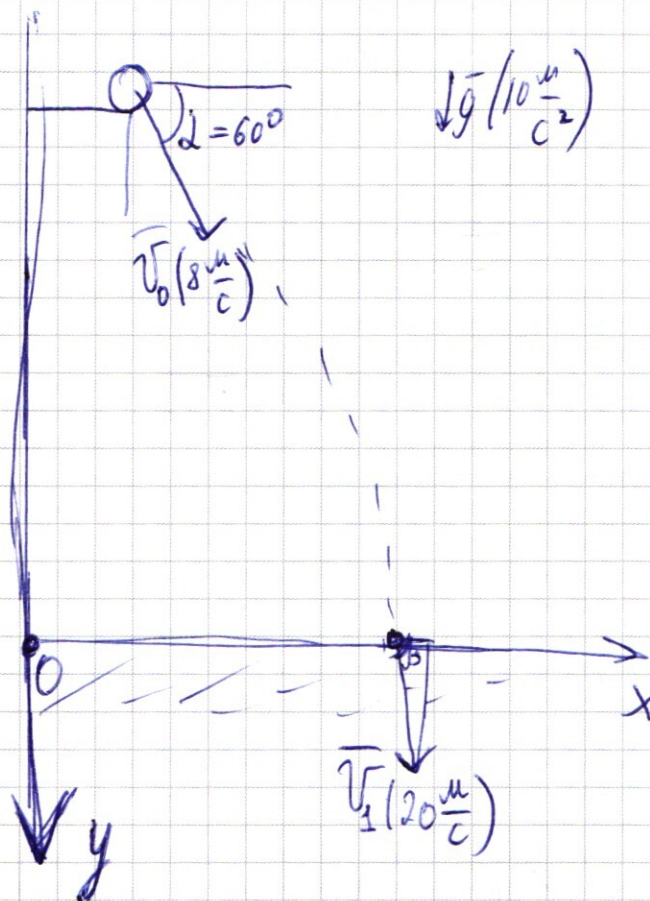
$$\vec{V}_1 = \vec{V}_{1x} + \vec{V}_{1y} = \vec{V}_x + \vec{V}_{1y}$$

$$V_1^2 = V_x^2 + V_{1y}^2 \Leftrightarrow V_{1y} = \sqrt{400 - 16} = \sqrt{384} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 19,04 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_{1y} = V_{0y} + gt \Leftrightarrow t = \frac{V_{1y} - V_{0y}}{g} = \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{10} = \frac{4\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{10} = 1,224 \text{ с}$$

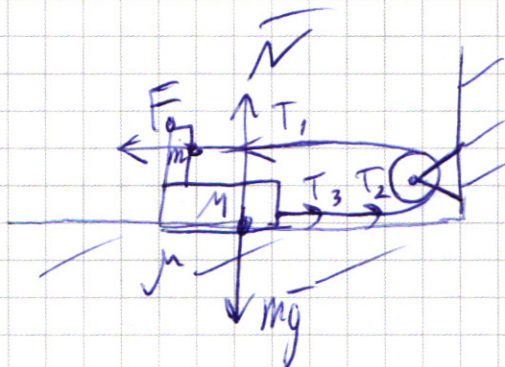
$$\Delta X = V_x \cdot t = 4 \cdot 1,224 = 4,896 \text{ м}$$

Ответ: 1) $19,04 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $1,224 \text{ с}$ 3) $4,896 \text{ м}$.



$$|F_0| = |T_1| = |T_2| = |T_3|$$

$$F_{Tgm.} = (m+M)g = 6mg.$$



$$F_0 = F_{\text{трения}} = \mu N = \mu (m+M)g = \mu \cdot 6mg = 6\mu mg.$$

$\overset{\text{const}}{\underset{\text{const}}{F_0}}$

$$F = (m+M)a,$$

$\overset{\text{const}}{\underset{\text{const}}{F}}$

$$a = \frac{F}{6m}$$

$$S = 0 \cdot t + \frac{at^2}{2},$$

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

$$v = 0 + at,$$

$$v = at = a \cdot \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{2as} =$$

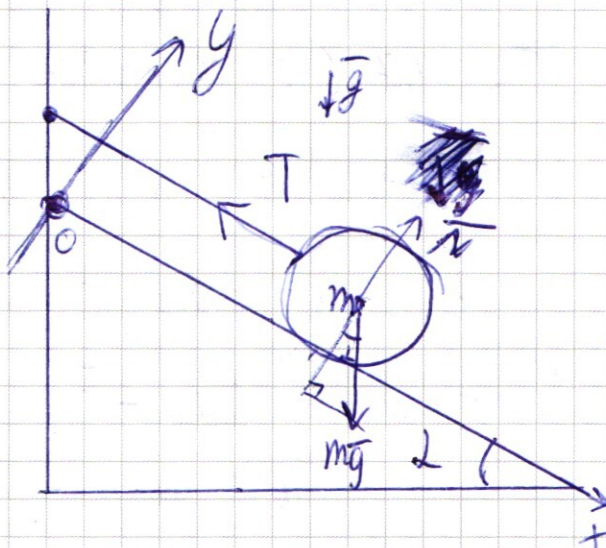
$$= \sqrt{\frac{2 \cdot S \cdot F}{6m}} = \sqrt{\frac{FS}{3m}}.$$

Ответ: 1) $6mg$
 2) $6\mu mg$
 3) $\sqrt{\frac{FS}{3m}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3.

$$1) \begin{aligned} x: -T_0 + mg \sin \alpha &= 0, \\ T_0 &= mg \sin \alpha \\ y: -mg \cos \alpha + N &= 0. \end{aligned}$$



$$2) T_1 = T_0 + F_{cp}$$

Шар вращается на оси,
имеет радиус вращения $(R+L) \cdot \cos \alpha$.

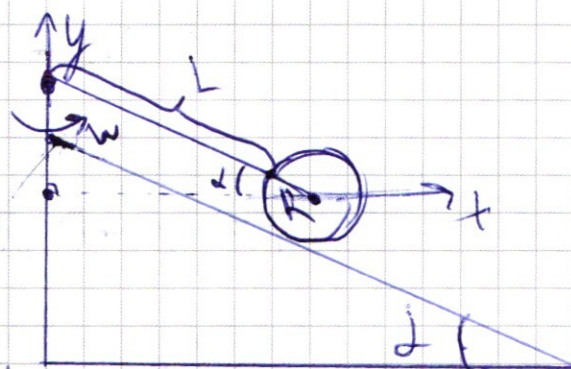
$$\text{Тогда } a_{\text{центр.}} = \omega^2 (R+L) \cos \alpha.$$

$$x: F_{cp, x} = m a_{\text{ц.}}, \quad F_{cp, x} = F_{cp} \cdot \cos \alpha,$$

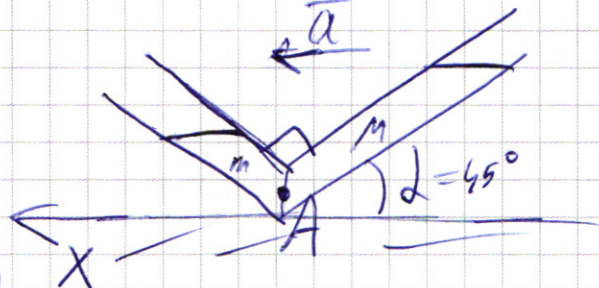
$$F_{cp} \cdot \cos \alpha = m \omega^2 (R+L) \cos \alpha,$$

$$F_{cp} = m \omega^2 (R+L)$$

$$T_1 = mg \sin \alpha + m \omega^2 (R+L).$$



~~Для точки A справедливо:~~



- 1) Пусть m - масса воды в левом колене,
 M - масса воды в правом колене,
 ось Ox совпадает с ускорением трубки.

По условию, на трубку действуют силы F , тогда в системе отсчета "трубка" на масло будет действовать сила $-F$.

Тогда для т. A справедливо:

$$x: Mg \sin \alpha - \cancel{F_{\text{правого колена}}} - \cancel{F_{\text{левого колена}}} - mg \sin \alpha = 0,$$

$$|F| = (M+m)a \cos \alpha;$$

$$(M-m)g \sin \alpha = (M+m)a \cos \alpha;$$

$$\frac{M}{m} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{3}{2} \text{ т.к. сечение трубки одинаково по площади, и жидкость одинаковая}$$

$$\text{Тогда } M = \frac{3}{2} m;$$

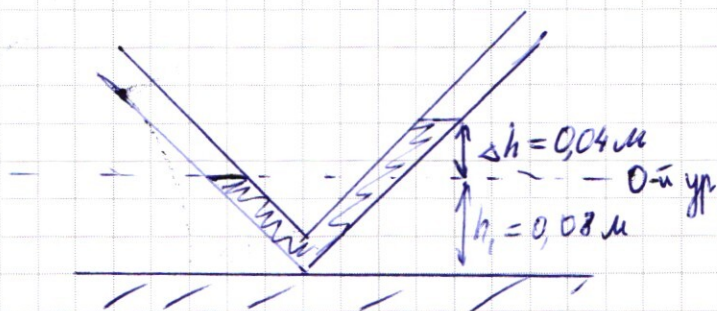
$$0,5 m g = 2,5 m a,$$

$$a = \frac{5}{25} g = 2 \frac{m}{c^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Выберем за 0-й уровень
высоту ~~статуса~~ масса в левой
части.

Очевидно, что $v_{\max}$ будет
при одинаковой высоте масса в частях трубки, т.е. при высоте



$$\frac{8+12}{2} = 10 \text{ см}$$

$$\Delta h_0 = 10 \text{ см} - 8 \text{ см} = 2 \text{ см}.$$

↑
Высота над 0-ур.

т.к. в движение
приводит вся
жидкость

По ЗСЭ:

$$(M-m)g\Delta h = \frac{(m+M)v^2}{2} + (M-m)g\Delta h_0,$$

$$0,5 \cancel{m} g \Delta h = \frac{2,5 \cancel{m} v^2}{2} + 0,5 \cancel{m} g \Delta h_0,$$

$$0,2 = 1,25 v^2 + 0,1,$$

$$v = \sqrt{\frac{0,1}{1,25}} = \sqrt{\frac{10}{125}} = 0,2\sqrt{2} = 0,28 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

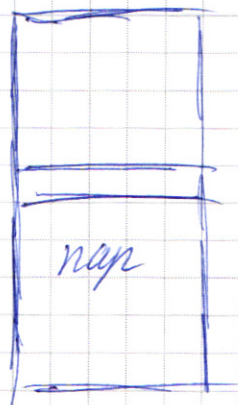
Ответ: 1) ~~2~~ $2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $0,28 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

N5.

$$T = 368 \text{ K}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$



$$PV = \nu RT,$$

$$\nu = \frac{m}{\mu}$$

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad m = \rho V$$

$$PV = \frac{\rho V}{\mu} RT,$$

$$\rho_{\text{пара}} = \frac{P \cdot \mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} = 0,48 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$1) \frac{\rho_{\text{пара}}}{\rho_{\text{воды}}} = \frac{0,48}{1000} = 48 \cdot 10^{-5}$$

$$PV_0 = \nu_0 RT$$

$$PV_1 = \nu_1 RT \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_0} = \frac{V_1}{V_0} = \gamma, \quad \nu_0 = \gamma \cdot \nu_1$$

$$V_{\text{пара}} = \cancel{\nu_0} \cdot \mu$$

$$\frac{m_{\text{пара}}}{\rho_{\text{пара}}} = \frac{\nu_1 \cdot \mu}{\rho_{\text{пара}}}$$

$$V_{\text{воды}} = \frac{m_{\text{воды}}}{\rho_{\text{воды}}} = \frac{m_{\text{конденс}}}{\rho_{\text{воды}}} = \frac{(\nu_0 - \nu_1) \mu}{\rho_{\text{воды}}} = \frac{\nu_1 (\gamma - 1) \mu}{\rho_{\text{воды}}}$$

$$\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{воды}}} = \frac{\cancel{\nu_0} \cdot \mu}{\rho_{\text{пара}} \cdot \cancel{\nu_1 (\gamma - 1) \mu}} = \frac{10^5}{48 \cdot 3,7} = \frac{10^6}{1776} = \frac{1}{1776} \cdot 10^{-6}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$h_1 = 0,08 \text{ м}$ $h_2 = 0,12 \text{ м}$
 $h_0 = 0,1 \text{ м}$

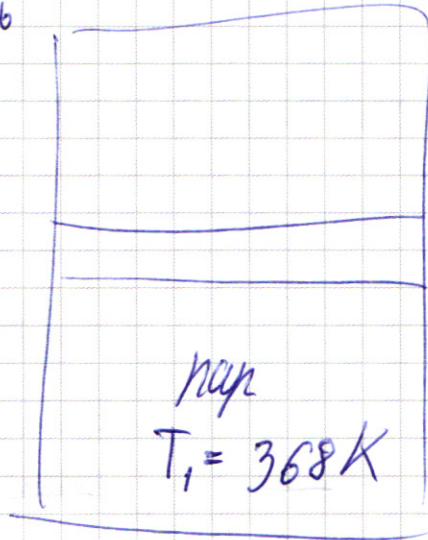
$\alpha = 45^\circ$
 $F = ma$
 $\sqrt{384} =$
 $384 \div 4 = 96$
 $96 \div 4 = 24$
 $24 \div 4 = 6$
 $\sqrt{384} = 19,6$

$8 \cdot 1,4 \cdot 1,7 = \frac{\sqrt{16}}{8} \cdot \frac{112}{17} = \frac{784}{1904}$
 $1904 \div 16 = 119$
 $119 \div 7 = 17$
 $17 \div 17 = 1$
 $202 - 1 = 201$
 $201 - 1 = 200$
 $200 - 1 = 199$
 $199 - 1 = 198$
 $198 - 1 = 197$
 $197 - 1 = 196$
 $196 - 1 = 195$
 $195 - 1 = 194$
 $194 - 1 = 193$
 $193 - 1 = 192$
 $192 - 1 = 191$
 $191 - 1 = 190$
 $190 - 1 = 189$
 $189 - 1 = 188$
 $188 - 1 = 187$
 $187 - 1 = 186$
 $186 - 1 = 185$
 $185 - 1 = 184$
 $184 - 1 = 183$
 $183 - 1 = 182$
 $182 - 1 = 181$
 $181 - 1 = 180$
 $180 - 1 = 179$
 $179 - 1 = 178$
 $178 - 1 = 177$
 $177 - 1 = 176$
 $176 - 1 = 175$
 $175 - 1 = 174$
 $174 - 1 = 173$
 $173 - 1 = 172$
 $172 - 1 = 171$
 $171 - 1 = 170$
 $170 - 1 = 169$
 $169 - 1 = 168$
 $168 - 1 = 167$
 $167 - 1 = 166$
 $166 - 1 = 165$
 $165 - 1 = 164$
 $164 - 1 = 163$
 $163 - 1 = 162$
 $162 - 1 = 161$
 $161 - 1 = 160$
 $160 - 1 = 159$
 $159 - 1 = 158$
 $158 - 1 = 157$
 $157 - 1 = 156$
 $156 - 1 = 155$
 $155 - 1 = 154$
 $154 - 1 = 153$
 $153 - 1 = 152$
 $152 - 1 = 151$
 $151 - 1 = 150$
 $150 - 1 = 149$
 $149 - 1 = 148$
 $148 - 1 = 147$
 $147 - 1 = 146$
 $146 - 1 = 145$
 $145 - 1 = 144$
 $144 - 1 = 143$
 $143 - 1 = 142$
 $142 - 1 = 141$
 $141 - 1 = 140$
 $140 - 1 = 139$
 $139 - 1 = 138$
 $138 - 1 = 137$
 $137 - 1 = 136$
 $136 - 1 = 135$
 $135 - 1 = 134$
 $134 - 1 = 133$
 $133 - 1 = 132$
 $132 - 1 = 131$
 $131 - 1 = 130$
 $130 - 1 = 129$
 $129 - 1 = 128$
 $128 - 1 = 127$
 $127 - 1 = 126$
 $126 - 1 = 125$
 $125 - 1 = 124$
 $124 - 1 = 123$
 $123 - 1 = 122$
 $122 - 1 = 121$
 $121 - 1 = 120$
 $120 - 1 = 119$
 $119 - 1 = 118$
 $118 - 1 = 117$
 $117 - 1 = 116$
 $116 - 1 = 115$
 $115 - 1 = 114$
 $114 - 1 = 113$
 $113 - 1 = 112$
 $112 - 1 = 111$
 $111 - 1 = 110$
 $110 - 1 = 109$
 $109 - 1 = 108$
 $108 - 1 = 107$
 $107 - 1 = 106$
 $106 - 1 = 105$
 $105 - 1 = 104$
 $104 - 1 = 103$
 $103 - 1 = 102$
 $102 - 1 = 101$
 $101 - 1 = 100$
 $100 - 1 = 99$
 $99 - 1 = 98$
 $98 - 1 = 97$
 $97 - 1 = 96$
 $96 - 1 = 95$
 $95 - 1 = 94$
 $94 - 1 = 93$
 $93 - 1 = 92$
 $92 - 1 = 91$
 $91 - 1 = 90$
 $90 - 1 = 89$
 $89 - 1 = 88$
 $88 - 1 = 87$
 $87 - 1 = 86$
 $86 - 1 = 85$
 $85 - 1 = 84$
 $84 - 1 = 83$
 $83 - 1 = 82$
 $82 - 1 = 81$
 $81 - 1 = 80$
 $80 - 1 = 79$
 $79 - 1 = 78$
 $78 - 1 = 77$
 $77 - 1 = 76$
 $76 - 1 = 75$
 $75 - 1 = 74$
 $74 - 1 = 73$
 $73 - 1 = 72$
 $72 - 1 = 71$
 $71 - 1 = 70$
 $70 - 1 = 69$
 $69 - 1 = 68$
 $68 - 1 = 67$
 $67 - 1 = 66$
 $66 - 1 = 65$
 $65 - 1 = 64$
 $64 - 1 = 63$
 $63 - 1 = 62$
 $62 - 1 = 61$
 $61 - 1 = 60$
 $60 - 1 = 59$
 $59 - 1 = 58$
 $58 - 1 = 57$
 $57 - 1 = 56$
 $56 - 1 = 55$
 $55 - 1 = 54$
 $54 - 1 = 53$
 $53 - 1 = 52$
 $52 - 1 = 51$
 $51 - 1 = 50$
 $50 - 1 = 49$
 $49 - 1 = 48$
 $48 - 1 = 47$
 $47 - 1 = 46$
 $46 - 1 = 45$
 $45 - 1 = 44$
 $44 - 1 = 43$
 $43 - 1 = 42$
 $42 - 1 = 41$
 $41 - 1 = 40$
 $40 - 1 = 39$
 $39 - 1 = 38$
 $38 - 1 = 37$
 $37 - 1 = 36$
 $36 - 1 = 35$
 $35 - 1 = 34$
 $34 - 1 = 33$
 $33 - 1 = 32$
 $32 - 1 = 31$
 $31 - 1 = 30$
 $30 - 1 = 29$
 $29 - 1 = 28$
 $28 - 1 = 27$
 $27 - 1 = 26$
 $26 - 1 = 25$
 $25 - 1 = 24$
 $24 - 1 = 23$
 $23 - 1 = 22$
 $22 - 1 = 21$
 $21 - 1 = 20$
 $20 - 1 = 19$
 $19 - 1 = 18$
 $18 - 1 = 17$
 $17 - 1 = 16$
 $16 - 1 = 15$
 $15 - 1 = 14$
 $14 - 1 = 13$
 $13 - 1 = 12$
 $12 - 1 = 11$
 $11 - 1 = 10$
 $10 - 1 = 9$
 $9 - 1 = 8$
 $8 - 1 = 7$
 $7 - 1 = 6$
 $6 - 1 = 5$
 $5 - 1 = 4$
 $4 - 1 = 3$
 $3 - 1 = 2$
 $2 - 1 = 1$
 $1 - 1 = 0$

$V_0 \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 8 = 4\sqrt{3}$
 $V_x = V_0 \cos 60 = 4$
 $V_y =$
 $\sqrt{16 + V_y^2} = 2,5 V_0$
 $V_y =$
 $V = V_0 + gt$
 $1,5 V_0 = gt$
 $t = \frac{1,5 V_0}{g}$
 $V_{oy} t + \frac{gt^2}{2} = 5$
 $V_{oy} t + \frac{gt^2}{2} = 5$

$$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$T = \text{const}$
смаже



$$T_1 = 368 \text{ K}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$a = f, a = \rho b$$

$$PV = \nu RT$$

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

$$PV = \frac{P \cdot X}{\mu} \cdot R \cdot T$$

$$\nu = \frac{m}{\mu}, m = \rho V$$

$$\rho = \frac{P \mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368}$$

$$\begin{array}{r} 435280 \\ 422944 \\ \hline 12336 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 48 \\ 374 \\ \hline 336 \\ 144 \\ \hline 176 \\ 176 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\rho_{\text{вода}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V_{\text{вода}} = \frac{m_{\text{вода}}}{\rho}$$

$$\begin{array}{r} 52868 \\ \times 277 \\ \hline 14336 \\ 2416 \\ \hline 14776 \\ 52868 \\ \hline 14776 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ 831/3 \\ 277 \\ \hline 52868 \\ \times 3 \\ \hline 158604 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 25500 \\ 52868 \\ \hline 138604 \\ 202332 \\ \hline 56396 \\ 211472 \\ \hline 435280 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \cdot T \cdot R \\ 831 \cdot 368 \\ \hline 305808 \\ 277 \\ \hline 52868 \\ \times 4 \\ \hline 211472 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on grid paper showing physics calculations and diagrams.

Diagram 1: A pulley system with a mass m and a force F applied at an angle $\alpha = 60^\circ$. The force F is decomposed into components $F \cos \alpha$ and $F \sin \alpha$. The tension in the rope is T . The weight of the mass is mg .

Diagram 2: A block of mass m on a horizontal surface. A force F is applied at an angle α . The normal force is N , the weight is mg , the friction force is $F_{\text{тр}} = \mu N$, and the tension is T .

Equations:

$$F \cos \alpha = (m + M)g$$

$$F \sin \alpha = T$$

$$T = \mu N$$

$$N = mg$$

$$F = \frac{(m + M)g}{\cos \alpha}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu (m + M)g$$

$$F - F_{\text{тр}} = (m + M)a$$

$$F = \frac{(m + M)(g + \mu g)}{\cos \alpha}$$

$$F = \frac{(m + M)g(1 + \mu)}{\cos \alpha}$$

$$F = \frac{(m + M)g(1 + \mu)}{\cos 60^\circ}$$

$$F = 2(m + M)g(1 + \mu)$$

$$F = 2 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 9.8 \cdot (1 + 0.5)$$

$$F = 117.6 \text{ N}$$

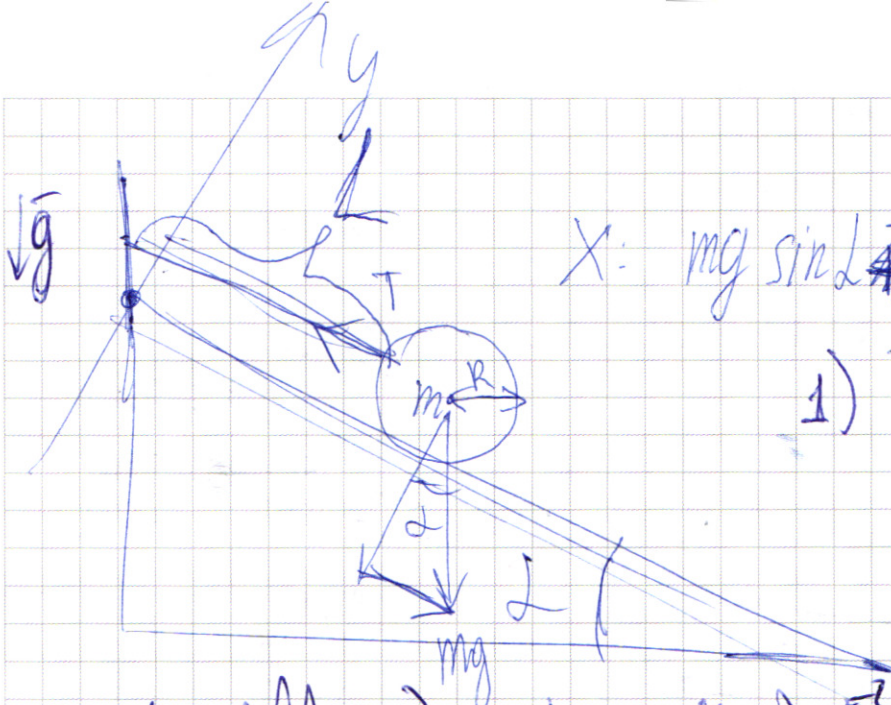
Velocity and Acceleration:

$$v = at$$

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

$$v = \sqrt{2as}$$

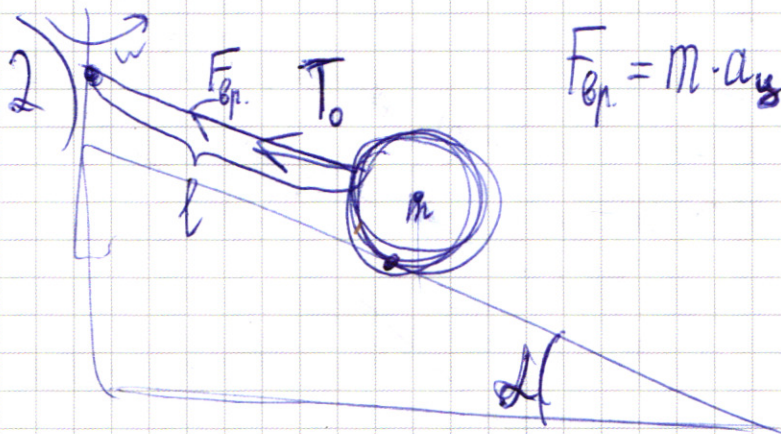
$$v = \sqrt{\frac{2FS}{m}}$$



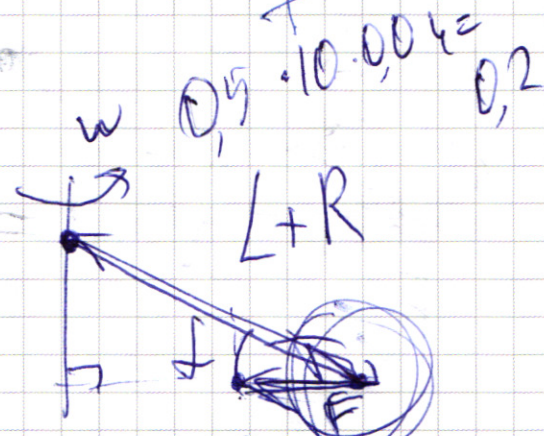
$$X: mg \sin \alpha - T = 0,$$

$$1) T = mg \sin \alpha$$

$$(M-m)g \cdot h = \frac{(M+m)v^2}{2} + \frac{(M-m)g \cdot h}{2}$$



$$F_{\text{op}} = m \cdot a_y$$



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

$$\frac{10}{125} \cdot 25 \quad B < L \Rightarrow \text{шар оторвался}$$

$$F_x = m a_y = m \omega^2 (L+R) \cdot \cos \alpha$$

$$P V_0 = J_0 \omega$$

$$P V_1 = J_1 \omega$$

$$\frac{J_1}{J_0} = \frac{1}{\gamma}, \quad \gamma^2 = J_0$$

$$F_{\text{норм}} = F_x \cdot \cos \alpha = m \omega^2 (L+R)$$

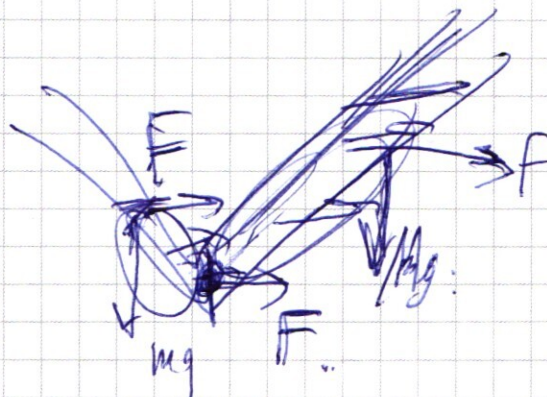
$$T = T_0 + F_{\text{норм}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

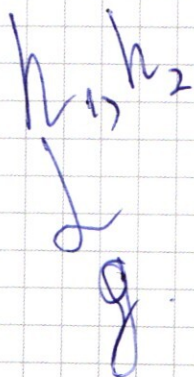


$$F = ma$$

$$\frac{M}{m} = \frac{h_2}{h_1}$$



$$F = ma$$



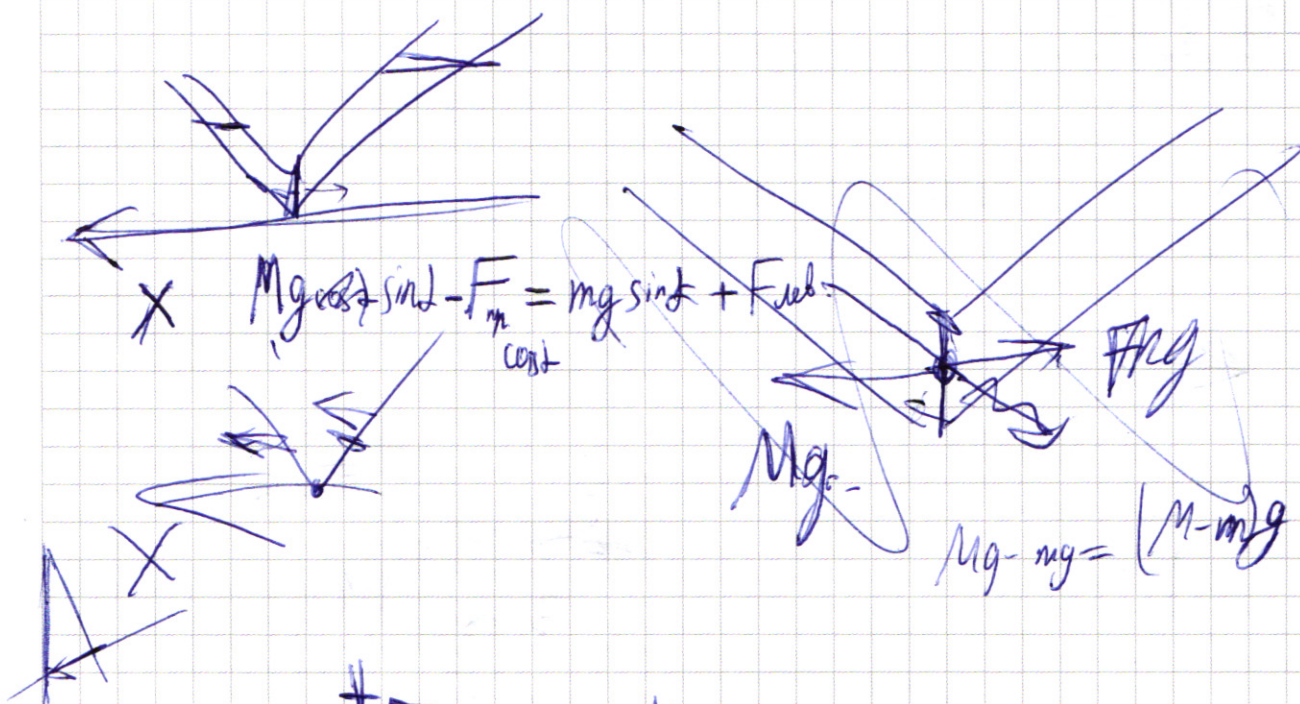
$$mg \sin \alpha + F_{\cos \alpha} = Mg \sin \alpha - F_{\cos \alpha}$$

$$F_{\cos \alpha} = (m+M)g \sin \alpha$$

$$F = (m+M) \cdot 5$$

$$(m+M) a = 5 (m+M)$$

$$a = 5 \frac{m}{m+M}$$



$$-mg \sin \alpha + F_f \cos \alpha = Mg \sin \alpha - F_{f \cos}$$

$$(M - m)g \sin \alpha = a \cos \alpha (M - m)$$

$$(M + m)a \cos \alpha = (M + m)g \sin \alpha$$

$$a = \frac{g(M + m)}{(M + m)}$$

$$= \frac{g \left(\frac{3}{2}m + m \right)}{\frac{3}{2}m + m} = \frac{g \cdot 2,5m}{2,5m} = g \cdot 0,5 = 5g$$

$$\frac{M}{m} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{3}{2}$$

$$M = \frac{3}{2}m$$