

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло:

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?

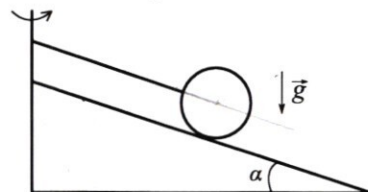
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

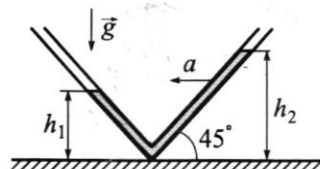


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.



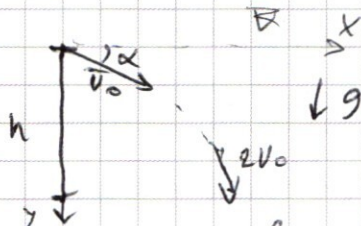
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

Задача 1.



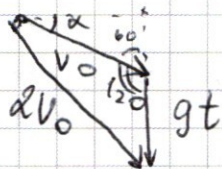
1) $(2v_0)^2 = v_x^2 + v_y^2$, т.к. соуп воздуха

не учитываем, то $v_x = v_0 \cos \alpha$

$$\Rightarrow v_y = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{400 - 75} = \sqrt{325}$$

Ответ₁: $\sqrt{325}$

2)



$$\alpha = 30^\circ$$

$$4v_0^2 = v_0^2 + (gt)^2 - 2v_0 gt \cos 120^\circ \Rightarrow$$

$$400 = 100 + 100t^2 + 100t \Rightarrow$$

$$t^2 + t - 3 = 0$$

(т.к. $t > 0$, то)

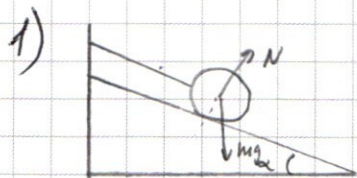
$$t = \frac{-1 + \sqrt{13}}{2} \approx 1,5 \text{ c}$$

Ответ₂: 1,5 c

$$3) h = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = 100 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,5 + \frac{10 \cdot 1,5^2}{2} \approx 86,25 \text{ m}$$

Ответ₃: 86,25 m

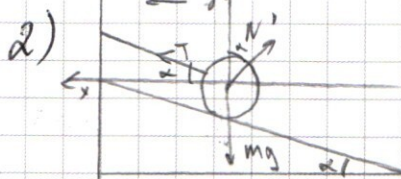
Задача 3



$|N| = |P|$ P - ^{сила} давления шара

$$N = mg \cos \alpha = P$$

Ответ₁: $mg \cos \alpha$



$$N' + T + mg = ma$$

$$a = \omega^2 (L + R) \sin \alpha$$

Оу: $N' \cos \alpha + T \sin \alpha = mg \Rightarrow T = \frac{mg - N' \cos \alpha}{\sin \alpha}$

Ох: $T \cos \alpha - N' \sin \alpha = m \omega^2 (L + R) \cos \alpha$

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

продолжение на стр. 2

$$mg \operatorname{ctg} \alpha - N' \operatorname{ctg} \alpha \cos \alpha - N' \sin \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$N' = \frac{mg \operatorname{ctg} \alpha - m \omega^2 (L+R) \cos \alpha}{\operatorname{ctg} \alpha \cos \alpha + \sin \alpha} = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$|N'| = |P|$$

$$\text{Ответ}_2: \frac{mg \operatorname{ctg} \alpha - m \omega^2 (L+R) \cos \alpha}{\operatorname{ctg} \alpha \cos \alpha + \sin \alpha}$$

1) $P \cdot V = \nu_n R T$ (ур. Менделеева-Клапейрона)

$$P \cdot M = \rho_n R T \Rightarrow \rho_n = \frac{P M}{R T} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 \text{ Па}}{8,31 \cdot 300} \approx 2,57 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

ρ_n - плотность паров, ν_n - кол-во в-ва пара M - молярная масса

$$\frac{\rho_n}{\rho_в} = \frac{2,57}{1000} \approx 0,00257$$

$$\text{Ответ}_1: 0,00257$$

2) ν_n - кол-во в-ва паров после сжатия
 $\nu_в$ - кол-во в-ва ~~паров~~ воды после сжатия

$$P_1 V_1 = (\nu_n + \nu_в) R T$$

$$P_2 V_2 = \nu_n R T$$

$$5,6 = \frac{\nu_n + \nu_в}{\nu_n}$$

$$V_n = \frac{\nu_n}{M \rho_n}$$

$P_1 = P = P_2$ т.к. одинаковое
пары насыщенное, значит
давление ост. для нас. паров.

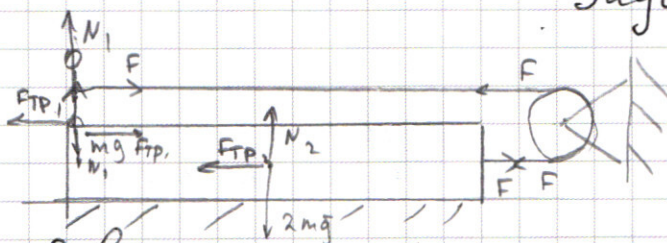
$$\Rightarrow \frac{\nu_n}{\nu_в} = \frac{5,6}{4,6}$$

$$V_в = \frac{\nu_в}{M \rho_в} \Rightarrow \frac{V_n}{V_в} = \frac{\nu_n \rho_в}{\nu_в \rho_n} = \frac{5,6 \cdot 1000}{4,6 \cdot 2,57} =$$

$$\approx 468$$

$$\text{Ответ}_2: 468$$

Задача 2



$$\text{Ответ}_1: 3mg$$

1) $|N_n| = |P|$ - сила давления

$$N_1 = mg$$

$$N_n = 2mg + N_1 = 3mg$$

2) для ящика $F_0 \neq F_{тр1} = F_{тр2} \Rightarrow F_0 = F_{тр2} - F_{тр1} =$

$$= 3mg - F_{тр1}$$

для человека:

$$F_{тр1} = F_0$$

$$F_0 = \frac{3}{2} mg = 1,5 mg$$

$$\text{Ответ}_2: 1,5 mg$$

3) $a = \frac{2S}{t^2}$

234 для человека:

$$-F_{тр1} + F = ma$$

234 для ящика:

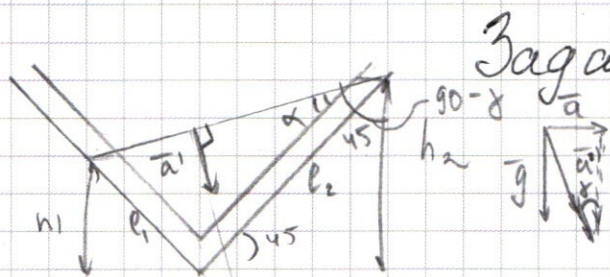
$$F + F_{тр1} - F_{тр2} = 2ma$$

продолжение стр 3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2F - F_{\text{тр}2} = 3ma \Rightarrow 2F - 3\mu mg = 3m \frac{2S}{t^2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$$

Отв. 3: $\sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$



Задача 4

перейдем в СО, где
трубка покоится.
"Суммарное" ускорение
"можно воспринимать
как фиктивную гравитацию"

$$l_1 = h_1 \sqrt{2} \quad l_2 = h_2 \sqrt{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{h_1 \sqrt{2}}{h_2 \sqrt{2}} = \frac{h_1}{h_2}$$

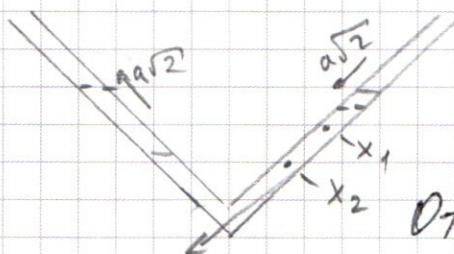
$$\tan \gamma = \frac{a}{g} = \frac{4}{10}$$

$$\alpha + 45 = 90 - \gamma \Rightarrow \tan(\alpha + 45) = \tan(90 - \gamma) = \cot \gamma$$

$$\frac{\tan \alpha + 1}{\tan \alpha - 1} = \frac{10}{4} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{6}{14}$$

$$h_2 = \frac{h_1}{\tan \alpha} = \frac{10 \text{ см} \cdot 14}{6} \approx 23,33 \text{ см.}$$

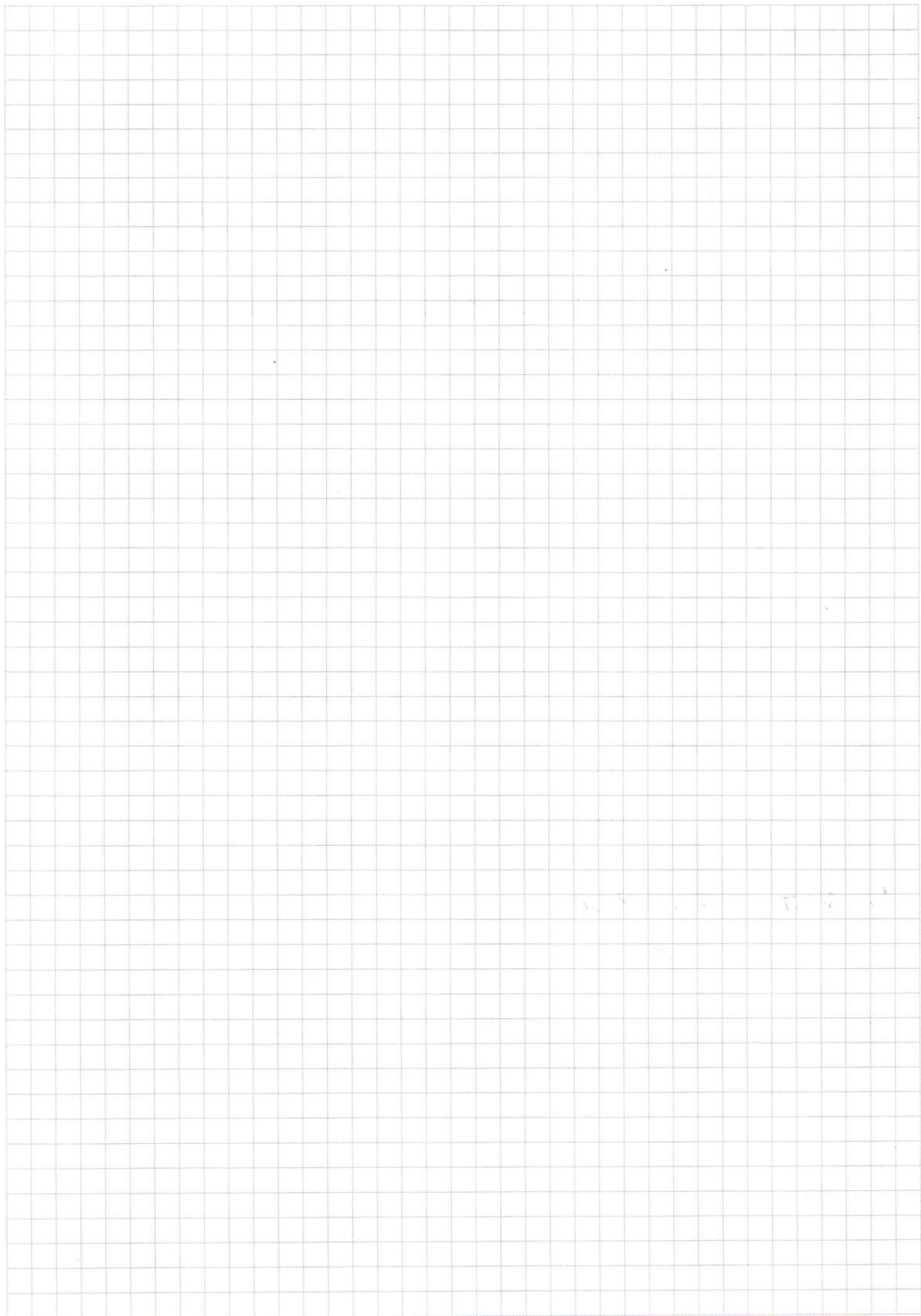
Отв. 1: 23,33 см.



$$\frac{v^2}{2a\sqrt{2}} = x_1 - x_2 \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot 4 \cdot 2 \cdot (11,67 - 8,33)}$$

$$= \sqrt{59,44} \text{ м/с}$$

Отв. 2: $\sqrt{59,44} \text{ м/с}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$4v_0^2 = (v_0 \cos 30)^2 + v_y^2$$

$$4v_0^2 = v_0^2 \cdot \frac{3}{4} + v_y^2$$

$$\left(4 - \frac{3}{4}\right) \sqrt{4 \cdot 100 - 100 \cdot \frac{3}{4}} = v_y$$

$$\sqrt{400 - 75} = \sqrt{325}$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ 25 \\ 105 \\ 105 \\ 120 \\ \hline 289 \end{array}$$



$$\cos 60 = \frac{1}{2}$$



$$4v_0^2 = v_0^2 + (gt)^2 - 2 \cos 120 v_0 g t$$

$$\Rightarrow 4 \cdot 100 = 100 + 100t^2 +$$

$$+ 2 \cdot \frac{1}{2} 10 \cdot 10 \cdot t$$

$$4 = 1 + t^2 + t \Rightarrow t^2 + t - 3 = 0$$

$$D = 1 + 4 \cdot 3 = 13 \quad \sqrt{13}$$

$$t_1 = \frac{-1 + \sqrt{13}}{2} \approx 1,5 \text{ c} \quad 1 < t < \frac{3}{2}$$

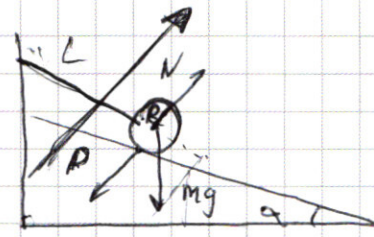
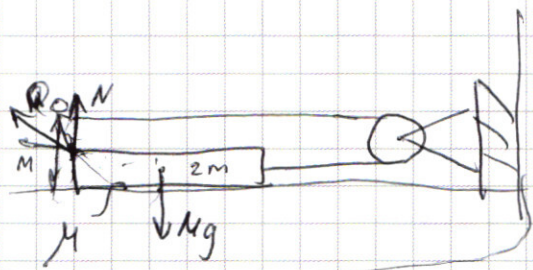
$$0 = -h - v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = 100 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,5 + \frac{10 \cdot 1,5^2}{2}$$

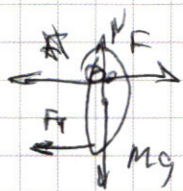
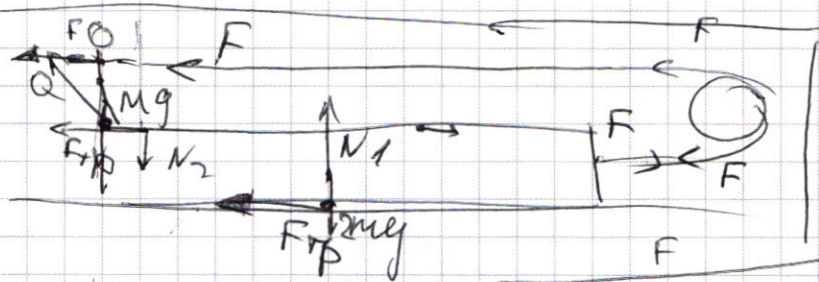
$$v_0 \cos \alpha$$

$$= 75 + 41 \frac{1}{4} = 86,25 \text{ m}$$

$$N = \frac{m \omega^2 (L+R)}{\sin \alpha} = N (\cot \alpha + \sin \alpha)$$



1) $N = P$
 $N = mg \cos \alpha$



$N_2 = mg$
 $F_{TP4} = F_0$

$\frac{2S}{\pm 2} = a$

$N_2 = N_1 + 2mg = 3mg$
 $F_0 \cdot S = 4 \cdot 3mg \cdot S$
 $F_0 = \frac{36mg}{S}$

$F_0 \neq F_{TP1} = F_{TP2}$
 $mg \quad 3mg$
 $F_0 = 2mg$

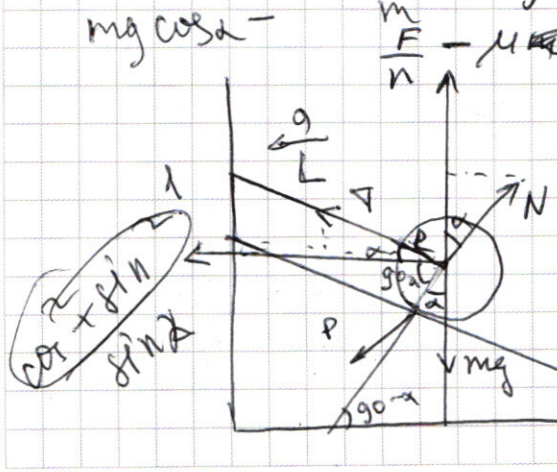
$F - F_{TP1} = ma$
 $F - \frac{36mg}{S} + F_1 = 3ma$

$F - F_0 = ma$
 $F - F_{TP1} = m \frac{2S}{\pm 2}$

$F - \frac{36mg}{S} + F_0 = 3m \cdot \frac{2S}{\pm 2}$
 $t^2 = \frac{F}{6ms} - \frac{4g}{2S} + \frac{2}{5} \frac{4g}{S} = \sqrt{\frac{F}{6ms} - \frac{4g}{2S} + \frac{4g}{3S}}$

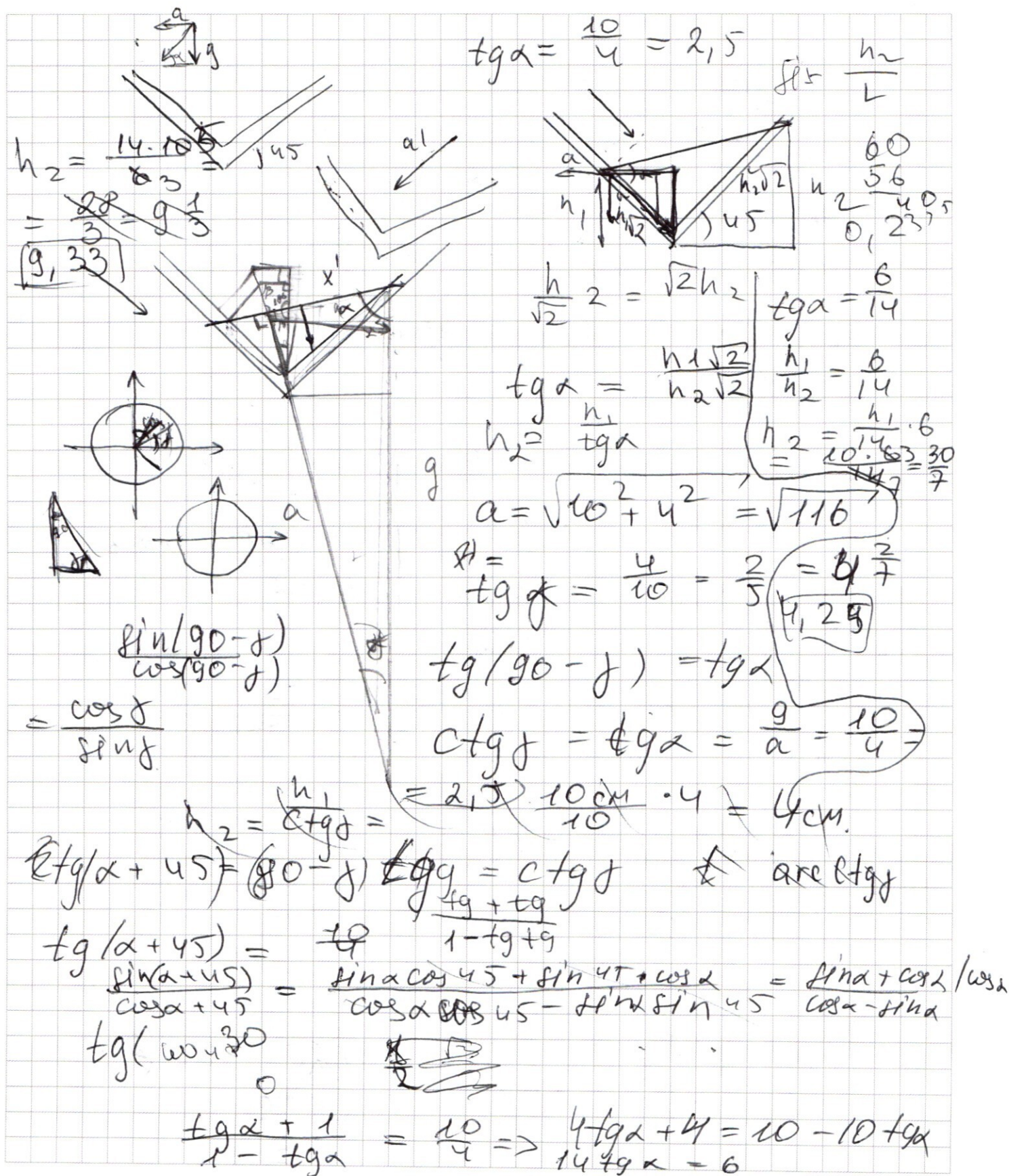
$\frac{F}{6ms} - \frac{4g}{2S} + \frac{4g}{3S}$
 $-3\mu g + 2\mu g$
 $\frac{F}{6ms} - \frac{4g}{6S}$
 $\frac{2S}{\frac{F}{m} - 4g}$

$a = \omega^2 R$



$T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$
 $-N \sin \alpha + T \cos \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$
 $T = \frac{-N \cos \alpha + mg}{\sin \alpha}$
 $\frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha} - \frac{N \cos \alpha}{\sin \alpha} - N \sin \alpha =$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F - F_{op1} = ma$$

$$F + F_{op1} + F_{op2} = 2ma$$

$$2F - F_{op2} = 3ma$$

2

$T = \text{const}$

$$PV = \nu RT$$

P

$$P = \frac{\nu M}{V} RT = \frac{PM}{RT} = \frac{PRT}{M}$$

$$\frac{3,55 \cdot 6}{8,31}$$

$$n = \frac{2,57}{1000} = 0,00257$$

$$P_n V_1 = \nu_n RT$$

$$P_n V_2 = (\nu_n - \nu_b) RT$$

$$\frac{5,6 P_1}{P_2} = \frac{\nu_n}{\nu_n - \nu_b} = \frac{m_n}{m_n - m_b} \Rightarrow P_2 = \frac{5,6 P_1 (\nu_n - \nu_b)}{\nu_n}$$

$$\frac{5,6 P_1}{P_2} = \frac{\nu_n + \nu_b}{\nu_n}$$

$$5,6 = \frac{\nu_n}{\nu_n - \nu_b} \Rightarrow 5,6 \nu_n - 5,6 \nu_b = \nu_n$$

$$\frac{\nu_n}{\nu_b} = \frac{5,6}{4,6} = \frac{56}{46} = \frac{28}{23} = \frac{28}{23}$$

$$\frac{\nu_n}{\nu_b} = \frac{28}{23} = \frac{28}{23}$$

$$\frac{\nu_n P_n}{P_b} = \frac{28}{23} = \frac{28}{23}$$

$$\frac{28}{23} = 1 \frac{5}{23} = \frac{m_n}{m_n - m_b}$$

$$\frac{50}{49} \frac{23}{204} = 1,204$$

$$\frac{1204}{2,57} = 468$$

$$\frac{28 \cdot 1000}{23 \cdot 2,57} = 468,6$$

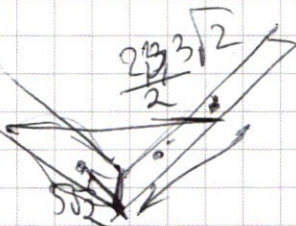
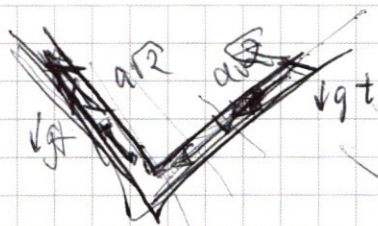
☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$33,3$$

$$23,3 + 10 = \frac{33,3}{2} \sqrt{2}$$

$$8,33 - 5$$

$$= 3,33 \cdot 2 \cdot 4$$

$$33,3 \cdot \frac{2}{13} = 16,8$$

$$12$$

$$13$$

$$12$$

$$13$$

$$V^2 = 0 = \frac{33,3}{4} \sqrt{2} - \frac{23,3}{2} \sqrt{2}$$

$$+ 11,67 - 8,33$$

$$23,3 \cdot 2 = 46,6$$

$$3$$

$$2$$

$$13$$

$$V = 3,38 \cdot 2 \cdot 4 \sqrt{29,72} \text{ м/с}$$

$$33,3 \cdot 4 = 133,2$$

$$32$$

$$13$$

$$12$$

$$12$$

$$11,67$$

$$8,33$$

$$3,34$$

$$13$$

$$29,72$$

$$2$$

$$59,44$$

