

Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 10

Вариант 10-02

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

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.

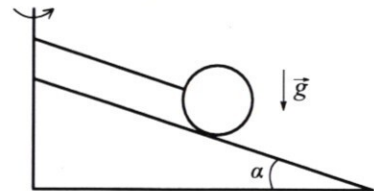
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

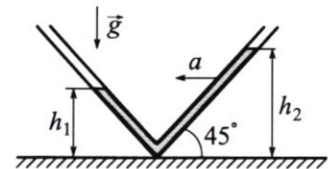
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

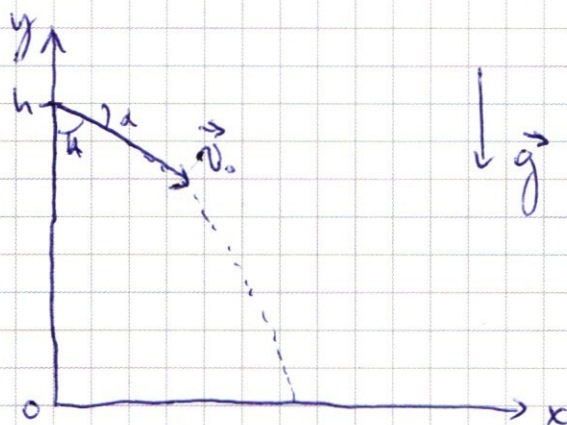
№1

$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$2v_0$$

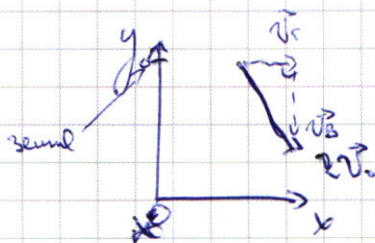
- 1) $v_B - ?$
- 2) $t - ?$
- 3) $h - ?$



- 1) Из условия следует, что тело всегда падает вертикально к гор. поверхности $\Rightarrow$ угол наклона виз. α
- 2) запишем формулу для скорости

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$
 от: $v_x = v_0 \cos(\alpha)$
 как мы видим гор. составляющая скорости не зависит от времени.

Соответственно у скорости при падении
мы знаем будет такое состояние
скорости $\rightarrow$ будет меньше и такое
вертикальное.



3) В этом треугольнике
по теореме Пифагора

$$v_x^2 + v_y^2 = 4v_0^2$$

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

$$v_y^2 = v_0^2 / (4 - \cos^2(\alpha))$$

$$\cos^2(30^\circ) = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{3}{4}$$

$$\sqrt{13} \approx 3,5$$

$$3 \leftrightarrow 4$$

$$9 \quad 16$$

$$4 \quad 3$$

$$\begin{array}{r} \times 35 \\ 5 \\ \hline 175 \end{array}$$

4)

$$v_0 = v_0 \sqrt{4 - \cos^2(\alpha)} =$$

$$= 10 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 10 \sqrt{\frac{13}{4}} =$$

$$= \frac{10}{2} \sqrt{13} = 5\sqrt{13} \approx 17,5 \frac{м}{с}$$

5) Ещё раз запишем мгновенную скорость

$$y: -v_y = -v_0 \sin(\alpha) - gt$$

$$v_y = v_0 \sin(\alpha) + gt$$

$$t = \frac{v_y - v_0 \sin(\alpha)}{g} \approx 1,25 \text{ с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

б) Запишем y -м перемещение

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

в $\vec{g}$: $h = v_0 \sin(\alpha) + \frac{g t^2}{2} = 10 \cdot \frac{1}{2} + \frac{10 \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^2}{2} =$

$-12,5 \text{ м}$

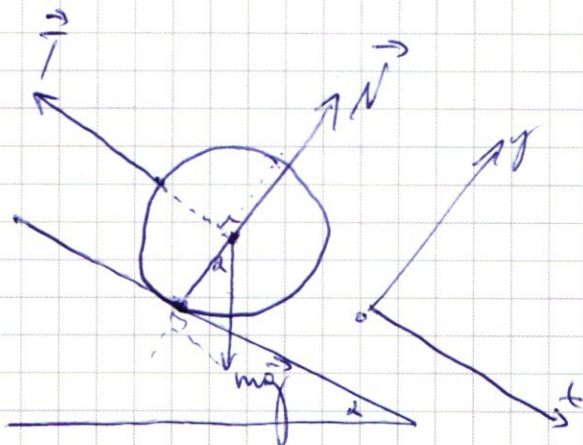
Ответ: $v_B = -12,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$t = 1,25 \text{ с}$

$h = 12,5 \text{ м}$

№3

1) Рассмотрим шар, когда система покоится.
Рассмотрим шар на шаре



T — сила натяжения
нити
 m, R, α, L

Т.к шар покоится на
по II γ -мз Ньютона

$$\sum \vec{F} = 0$$

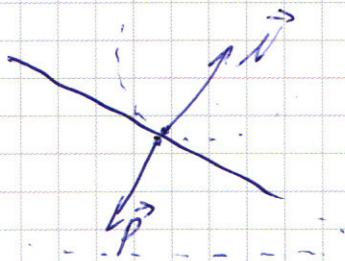
$$\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = 0$$

откуда $N - mg \cos(\alpha) = 0$

$$N = mg \cos(\alpha)$$

По III γ -мз Ньютона

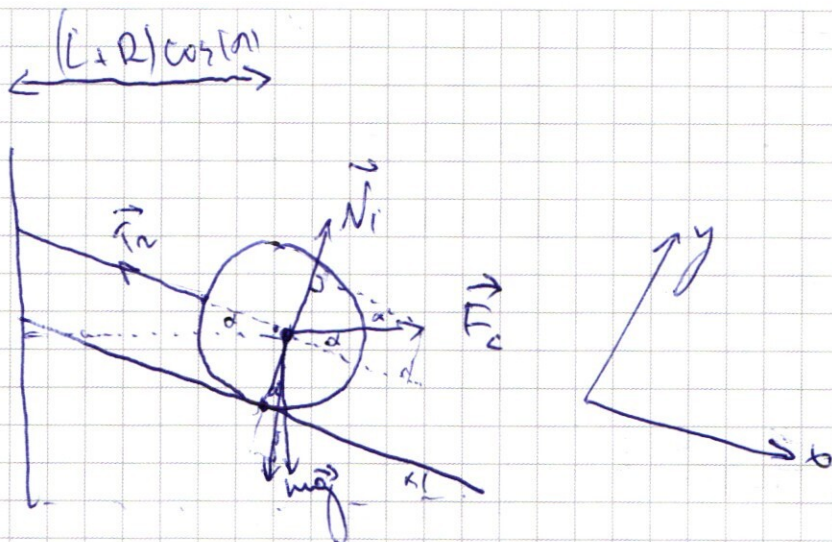
и реакция силы клина на шар,
с той же силой на клин.



$$|\vec{N}| = |\vec{P}| = mg \cos(\alpha)$$

2) При добавлении груза
на система становится неэргодичной.
Чтобы вернуть в эргодичную
систему добавить силу трения.
Тогда

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Т.к. шар не сходит по наклонной, то

$$\sum \vec{F} = 0 \quad \vec{N}_1 + \vec{T}_2 + \vec{F}_c + m\vec{g} = 0$$

$$\text{о } y: N_1 + F_c \sin(\alpha) - mg \cos(\alpha) = 0$$

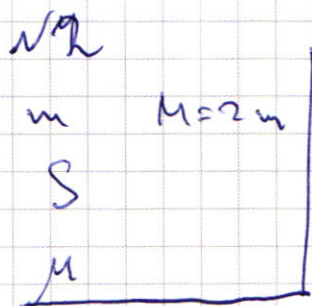
$$N_1 + m \omega^2 (L+R) \cos(\alpha) \sin(\alpha) - mg \cos(\alpha) = 0$$

$$N_1 = \cos(\alpha) m (g - \omega^2 (L+R) \sin(\alpha))$$

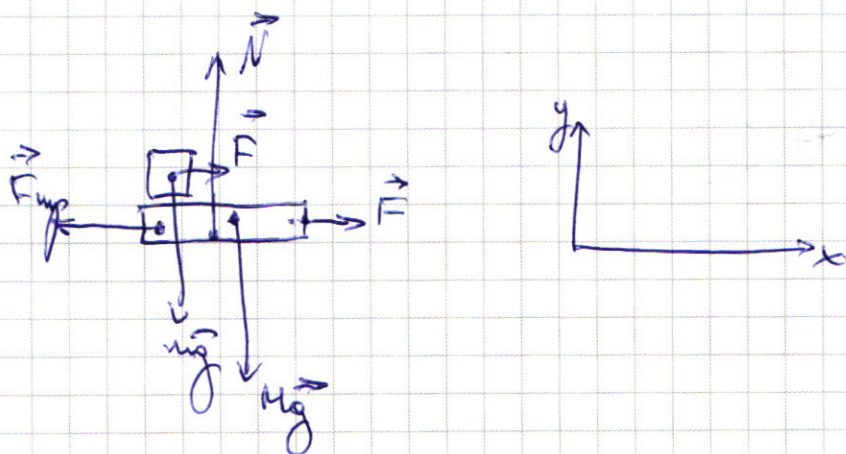
Ответ:

$$N = mg \cos(\alpha)$$

$$N_1 = m \cos(\alpha) (g - \omega^2 (L+R) \sin(\alpha))$$



Рассмотрим в системе
и условия + закон



по II-му 3-му законам
(в вер. состоят. нет ускорения) $\Rightarrow$

$$\Rightarrow y: N - mg - Mg = 0$$

$$N = 3mg$$

Анализ При min сил мы ~~можем~~
~~использовать закон Ньютона~~

~~т.е.~~ ускорение $\rightarrow 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ При движении по оси

$$x: 2F_0 - F_{\text{тр}} > 0$$

$$2F_0 > \mu N$$

$$F_0 > \frac{3\mu mg}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Если у нас будет какая сила
 $F_0 \Rightarrow$ появится ускорение.

Тогда у нас
существует ось

$$Ox: 2F - F_{up} = (m + M)a$$

$$2F - 3mg = 3ma$$

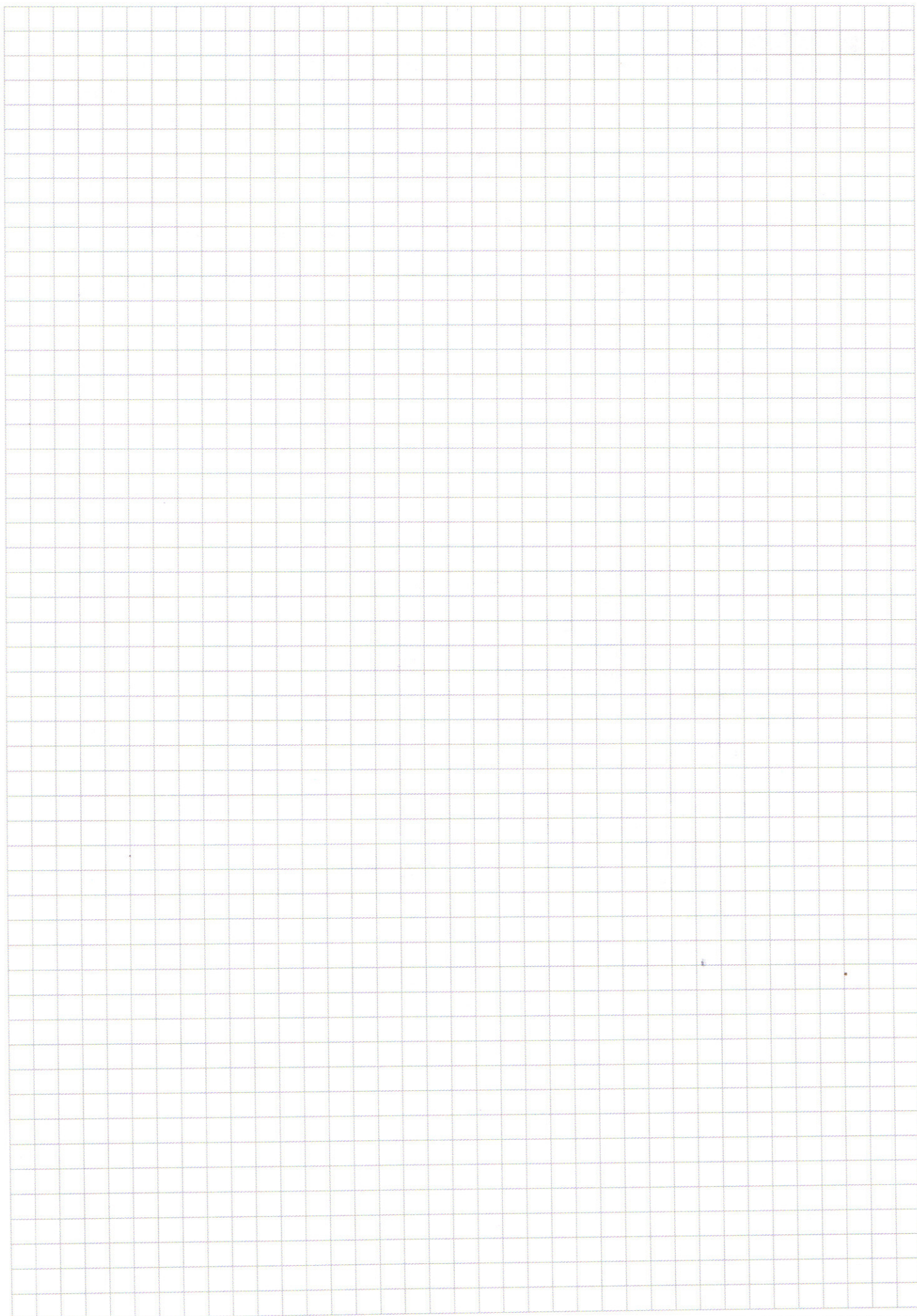
$$\boxed{\frac{2F}{3m} - mg = a}$$

По формуле для
среднего перемещения

$$v_0 = 0$$

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

$$\boxed{t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S m}{2F - 3mg}}}$$

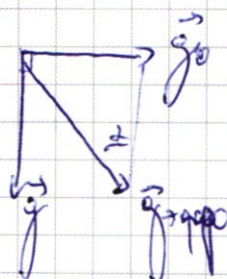


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.

Т.к. данная система не переключается,
то мы можем решить данную
проблему вводя груз.

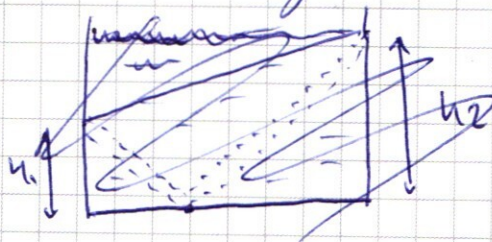
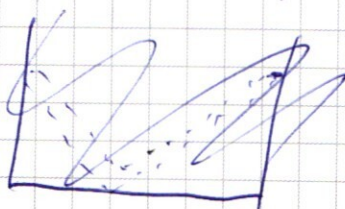
Оно получается след. образ



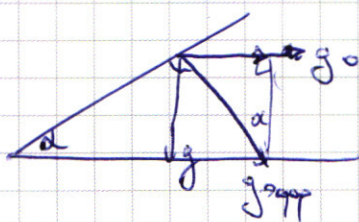
$$|g_1| = |g_2|$$

Квадрат

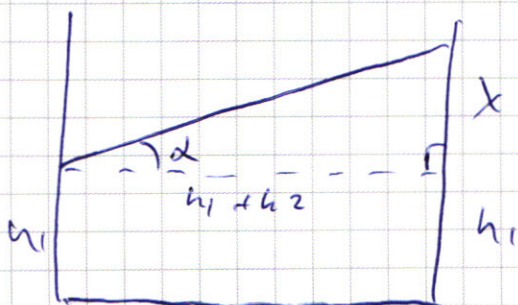
Представим, что наша трубка, это
часть аквариума к водной



Тогда вода будет
следующим
образом.
гравитационный уровень



Получается, что угол наклона
всего равен углу наклона
между гипотенузой и $g \Rightarrow$
 $\Rightarrow \operatorname{tg}(\alpha) = \frac{g_0}{g} = \frac{a}{g} = 0,4$



$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{x}{h_1 + h_2}$$

$$h_1 + x = h_2$$

$$\operatorname{tg}(\alpha) h_1 + \operatorname{tg}(\alpha) h_2 = h_2 - h_1$$

$$h_1 (\operatorname{tg}(\alpha) + 1) = h_2 (1 - \operatorname{tg}(\alpha))$$

$$h_2 = h_1 \frac{(\operatorname{tg}(\alpha) + 1)}{1 - \operatorname{tg}(\alpha)} = 23 \text{ см}$$

Т.к. $\triangle ABC \sim \triangle BDE \Rightarrow$
(прод. стp.)

$$\Rightarrow AB = BC = h_1$$

$$+ CDE \sim \triangle BDE$$

$$CD = DE = h_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow BD = h_1 + h_2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Работайте качественно самым простым способом.

~~Пусть h_1 и h_2 есть уровни жидкости, который изначально зафиксирован.~~

Из уровня пометки, что жидкость будет до уровня, который будет одинаков и в правом и левом колене.

Меняем его $\leftarrow$ для давления и вообще пометки, но!



Пусть атмосфера P_0 .
Давление в точке А
 P_0

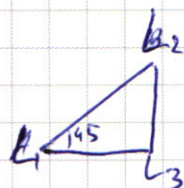
Давл. в точке В

$$P_0 + \rho g (h_2 - h_1)$$

Минимум переменной не будет, когда
давление уравняется $\Rightarrow$

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

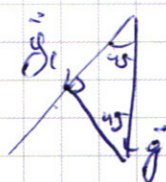
Тогда вернем назадность пролет
расстояние



$$L_1 L_2 = \frac{h_2 + h_1}{2} \cdot \sqrt{2} = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

$$L_1 L_2 = L_2 L_3 \cdot \sqrt{2} = \frac{h_2 + h_1}{2} \sqrt{2} =$$

g будет



$$g_1 = \frac{g}{\sqrt{2}}$$

Тогда по г. му формул. (нач. скор. = 0)

$$L_1 L_2 = \frac{g_1 t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 L_1 L_2}{g_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{h_2 + h_1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}{g}} =$$

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

Тогда по формулу макс. скор.

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

$$v = \sqrt{(h_2 - h_1) g} \approx 11,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Запишем уравнение состояния газа
в молярной форме

$$PV = \mu RT$$

$$V = \frac{\mu RT}{P} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 10^2}{3,55 \cdot 10^3} =$$

$$= \frac{18 \cdot 8}{10^{-4}} = 144 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Запишем уравнение состояния
газа.

$$PV = \nu RT$$

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

$$P = \frac{\rho_0}{M} RT$$

$$\rho_0 \frac{P}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 3 \cdot 10^2} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{\rho_0}{P} = \frac{25 \cdot 10^{-3}}{10^3} = \frac{25}{10^6}$$

в данном
случае
числ. - масса
газа = масса
мол. газа

Найдем ~~объем пара~~ давление после уменьш.

по 2-му где изотерм. объем.

$$P_1 V = P_2 \frac{V}{\gamma}$$

$$\boxed{P_1 = P_2}$$

Найдем на сколько уменьшился
объем пара

$$\Delta V = \left| \frac{V}{\gamma} - V \right| = \frac{\gamma V - V}{\gamma} = V \cdot \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

Тогда через масса

$$m = \rho_n \cdot \Delta V = \rho_n V \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

Объем воды

$$V_B = \frac{m}{\rho_B} = \frac{\rho_n \Delta V}{\rho} = \frac{\rho_n}{\rho} V \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

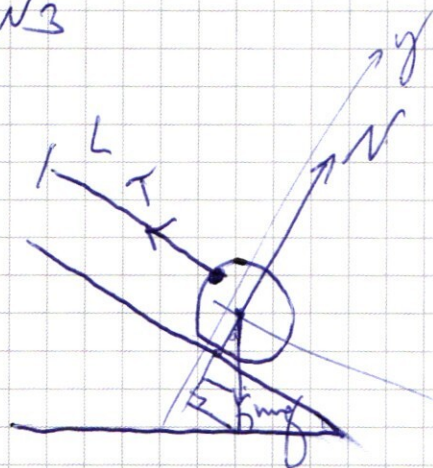
$$\begin{aligned} \frac{V_n}{V_B} &= \frac{\frac{V}{\gamma}}{\frac{\rho_n}{\rho} V \frac{\gamma - 1}{\gamma}} = \frac{1}{\frac{\rho_n}{\rho} (\gamma - 1)} = \frac{1}{\frac{25 \cdot 10^{-3}}{10^3} \cdot 4,6} = \\ &= \frac{10^7}{1150} \approx 10^4 \end{aligned}$$

Ответ: $\frac{\rho_n}{\rho} = \frac{25}{10^6}$

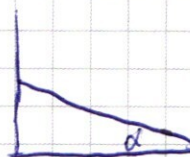
$$\frac{V_n}{V_B} \approx 10^4$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

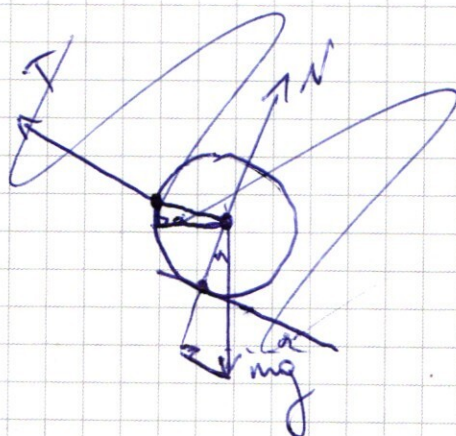
№3



m, R



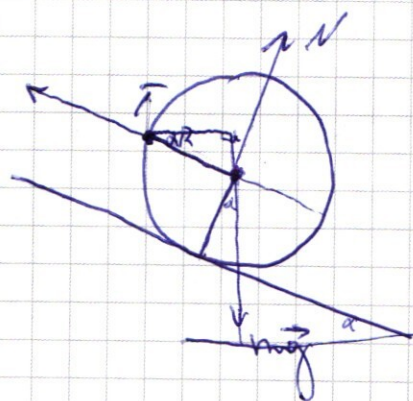
а) $oy: mg \cos(\alpha)$

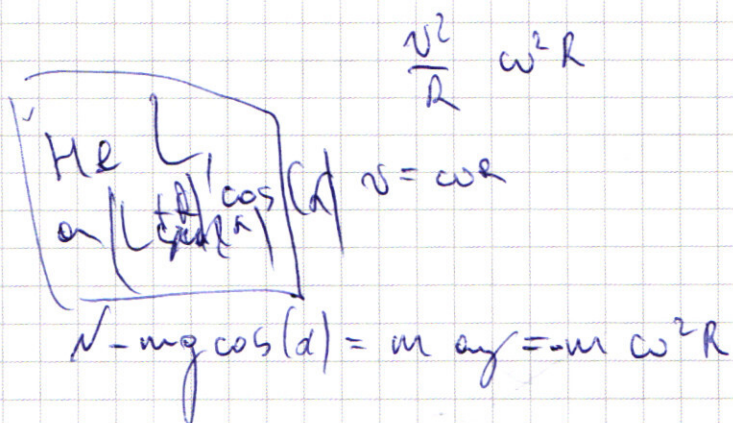


$\sum \vec{M} = 0$

или

$R \cdot N = R \cdot \cos(\alpha) \cdot mg$
 $|P| = |N| = mg \cos(\alpha)$





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

$$N + F_c \sin(\alpha) = mg \cos(\alpha) \quad \text{ke R, a L.}$$

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

$$|P_2| = |N| = m (g \cos(\alpha) - \omega^2(R_H) \sin(\alpha))$$

[illegible]

$$5 - 2,5 =$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{a}t$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}_1 t$$

$$v_B = v_0 \sin(\omega t + \pi)$$

$$v_r = v_0 \cos(\alpha)$$

$$2V_0 = \sqrt{V_r^2 + V_B^2}$$

$$t = \frac{v_B - v \sin(d)}{g}$$

$$v_0^2 (1 - \cos^2(\alpha)) = v_B^2 \quad v_0^2 = v_0^2 \cos^2(\alpha) + v_B^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

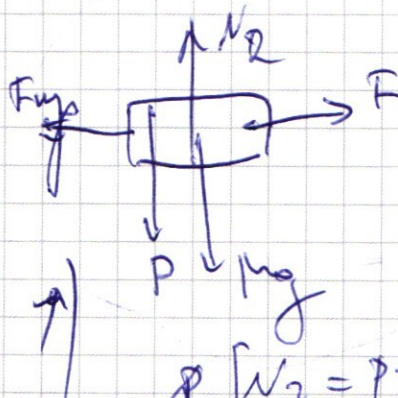
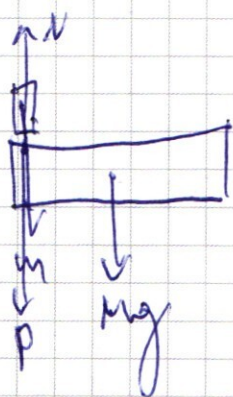
$$\vec{v} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$h = v_0 \sin(\alpha) t + \frac{g t^2}{2}$$

$\sqrt{2}$
 m, M, S, μ

$$10 \frac{25}{16} = \frac{5}{4}$$

$$1,25 \quad 10 \frac{1}{2}$$



$$N_2 = P + Mg = g(m + M) = 3 \text{ mg}$$

$$2) F_0 - F_{fr} \text{ (1)}$$

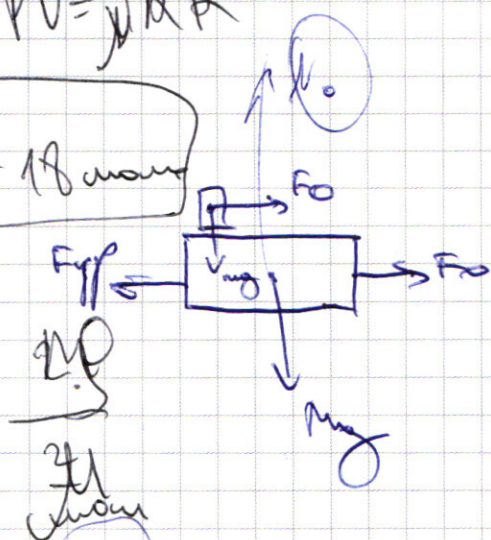
$$F_0 \geq F_{fr}$$

$$F_0 \geq \mu (P + Mg)$$

$$F_0 \geq \mu 3 \cdot mg$$

$$PV = \mu R A$$

$$i = 18 \text{ mA}$$



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

$$300\text{K}$$

$$2F_0 > F_{\text{max}}$$

$$2F_0 > \mu(mg + 2mg) = 3\mu mg$$

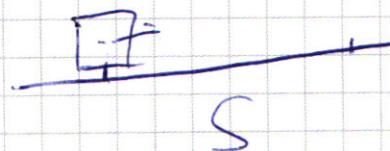
$$F_0 > \frac{3}{2} \mu mg$$

$$2F - F_{\text{max}} = (M + m) \ddot{x}$$

$$2F - \mu 3mg = 1.3ma$$

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

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$



$$PV = \mu R T$$

$$V = \frac{\mu R T}{P}$$

$$P = P_1 + P_2$$

$$\mu = 18 \frac{\text{C}}{\text{V}}$$

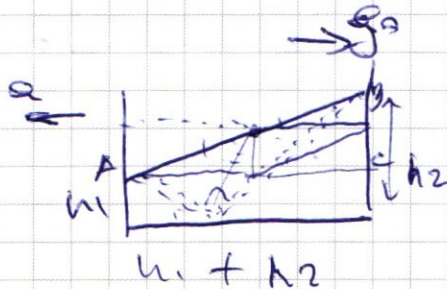
$$P = 31.55 - 10 \text{ Pa}$$

$$s = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

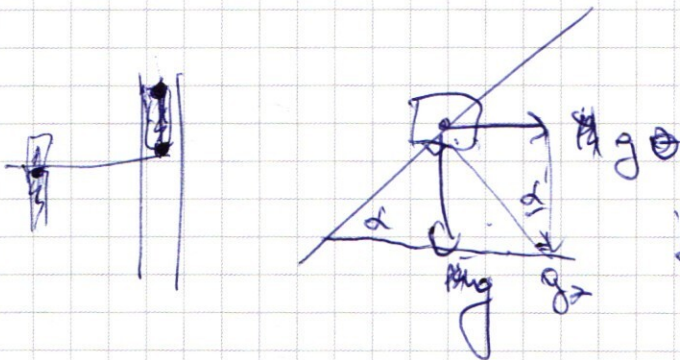
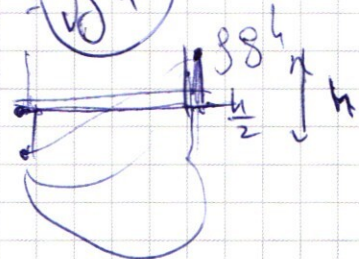
$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

$$a$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



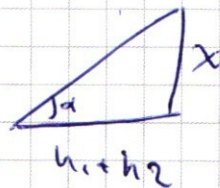
$$V = \sqrt{2gh \frac{u}{2}} = \sqrt{gh}$$



$$\lg(\alpha) = \frac{g}{g} \quad 140 \div 6 = 23$$

+ABC

$$10 \cdot \frac{1,4}{0,6} =$$



$$\lg(\alpha) = \frac{x}{u_1 + u_2}$$

$$10 \cdot \frac{14}{6} = 10 \cdot \frac{7}{3}$$

$$x = (u_1 + u_2) \lg(\alpha)$$

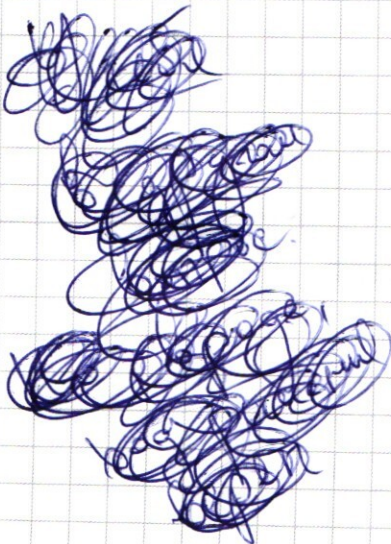
$$u_2 = x + u_1$$

$$= 10 \cdot 2,3$$

$$u_2 = u_1 \lg(\alpha) + u_2 \lg(\alpha) + h, \quad (23)$$

$$u_2 (1 - \lg(\alpha)) = h_1 (\lg(\alpha) + 1)$$

$$u_2 = h_1 \frac{\lg(\alpha) + 1}{1 - \lg(\alpha)}$$



Ускорение нет.

Берём формулу.

Разность давлений.

Формула Торричелли.

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

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

$P_2 V$

$$\frac{\Delta V \rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}}$$

NS



$$\frac{25 \cdot 273}{250}$$

$$F_g = m \frac{v^2}{R_g}$$

273

300 K

$$\frac{v^2}{R_g} = 0,75$$

$$\frac{v^2}{R_g} = 0,75$$

54 (63)

$T = \text{const}$
 $\varphi = 100\%$

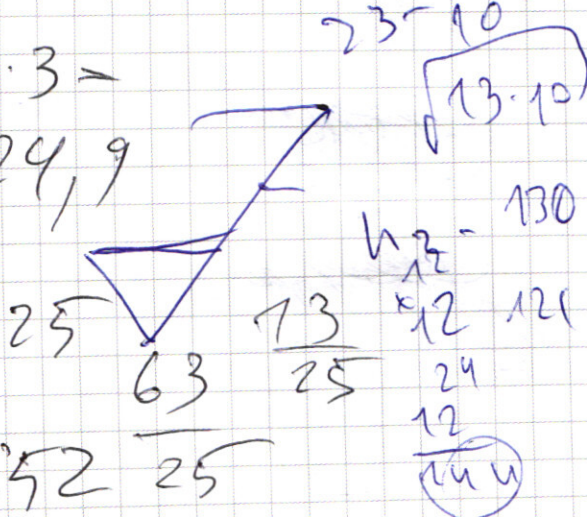
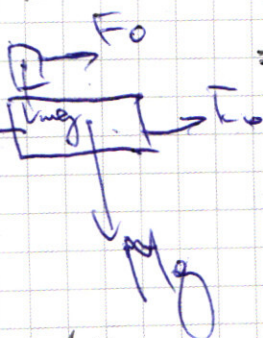
$$3,5 \cdot 18$$

$$30 + 24 + G =$$

$$8,3 \cdot 3 = 24,9$$

$$= 54 + 24,9$$

(63)



$$\frac{50 + 13}{25} = 2 + \frac{13}{25}$$

$$2,52$$