

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

Класс 10

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

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 $2,5V_0$.

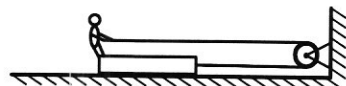
1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

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?

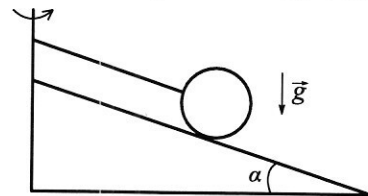
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

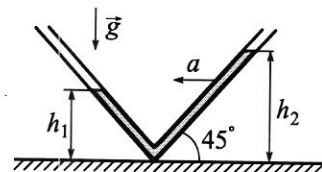


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.



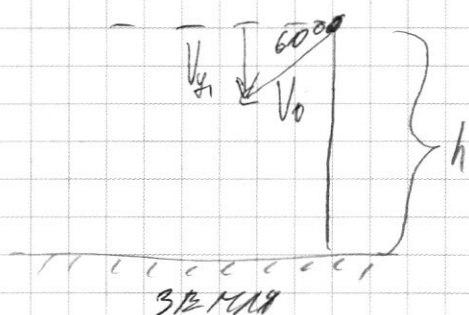
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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

ЗАДАЧА №1) Т.к. КАМЕНЬ ВСЕ ВРЕМЯ ПРИЖИМАЕТСЯ
К ЗЕМЛЕ $\Rightarrow V_{y1}$ - вертикальная составляю-
щая скорости в
нач. момент времени



НАП РАВЕНА К ЗЕМЛЕ

h - высота с кот. бросают
камень

$$ЗСЭ: mgh + m \frac{V_0^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} \cdot (2.5)^2$$

$$V_{y1} = V_0 \sin 60^\circ$$

$$h = \frac{V_0^2}{2g} \cdot \frac{15.35}{100}$$

$$h = V_{y1} t + \frac{gt^2}{2} \quad | \quad t - \text{время полета}$$

$$t = \frac{-V_{y1} \sin 60^\circ + \sqrt{V_0^2 \sin^2 60^\circ + 2gh}}{g} \quad \begin{matrix} \text{Т.к. время не может быть} \\ < 0 \end{matrix}$$

$$= \frac{-8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{\frac{64 \cdot 3}{4} + 2 \cdot 10 \cdot \frac{64}{2 \cdot 10} \cdot \frac{15.35}{100}}}{10}$$

$$= \frac{-8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 8 \sqrt{\frac{4.5}{100} + \frac{15.35}{100}}}{10} = \frac{8}{10} \cdot \left(\sqrt{\frac{3.5^2 + 5^2 \cdot 3.7}{100}} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) =$$

$$= \frac{8}{10} \cdot \left(\sqrt{\frac{3 \cdot 25 + 8}{52.22}} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{8}{10} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$V_{y2} = V_{y1} + gt \quad | \quad V_{y2} - \text{верт составляющая} \\ \text{скорости при ударе}$$

$$V_{y2} = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 10 \cdot \frac{8}{10} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 8\sqrt{6}$$

~~ΔX = V_{x1} t~~ ΔX - горизонт смещение камня за время

ПОЛЕТА

V_x - ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СКОРОСТИ КАМНЯ

$$\Delta X = V_x \cdot t = V_0 \cdot \cos 60^\circ \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{8}{10} \cdot \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) =$$

$$= \frac{64}{20} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{32}{10} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

ОТВЕТ: ВЕРТ. СОСТ. СКОРОСТИ ПРИ ПАДЕНИИ НА ЗЕМЛЮ

$$V_{y2} = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$$

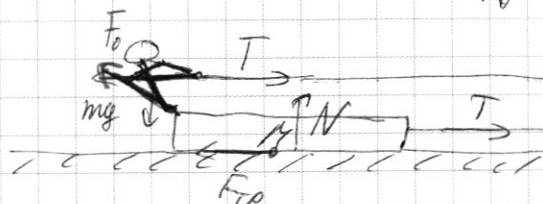
ВРЕМЯ ПОЛЕТА КАМНЯ $t = \frac{8}{10} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ с}$

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СМЕЩЕНИЯ КАМНЯ

~~$$\Delta X = \frac{32}{10} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ м}$$~~

ЗАДАЧА №2) Т - СИЛА НАТЯЖЕНИЯ НИТИ

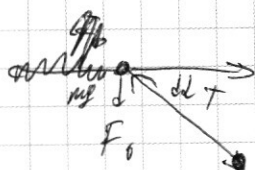
F_0 - МАКС СИЛА НАПРАВЛЕННАЯ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ



$F_{тр}$ - СИЛА ТРЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩАЯ НА БРУСКОК

N - СИЛА РЕАКЦИИ ПОТОРЫ

ЧЕЛОВЕКА



$$F_0 \cos \alpha = T$$

$$N_k = mg + F_0 \sin \alpha \quad | \quad N_k - \text{СИЛА РЕАКЦИИ БРУСКА НА ЧЕЛОВЕКА}$$

$$N = N_k + Mg = 6mg + F_0 \sin \alpha$$

$$F_{тр} = \mu N = 6\mu mg + \mu F_0 \sin \alpha \leq T + F_0 \cos \alpha =$$

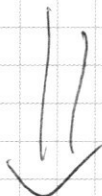
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= 2F_0 \cos \alpha$$

Если $\alpha \rightarrow 0$

↓

$F_{тр}$ — уменьшается
 F_0 — увеличивается



$$F_0 = \frac{3 \mu mg}{\cos \alpha} = 3 \mu mg \quad N = 6 \mu g$$

$$2F - F_{тр} = ma \Rightarrow a = \frac{F - 3 \mu mg}{3m} \quad \left| \begin{array}{l} a - \text{ускорение} \\ \text{бруска с} \\ \text{человеком} \end{array} \right.$$

$$S = \frac{|V_k^2 - V_n^2|}{2a}$$

V_n — нач скорость бруска
 $V_n = 0$

$$\frac{2S}{3m} (F - 3 \mu mg) = V_k^2$$

V_k — конечная скорость бруска

$$V_k = \sqrt{\frac{2S}{3m} (F - 3 \mu mg)}$$

ОТВЕТ: сила с кот брусок с человеком
равна $N = 6 \mu g$

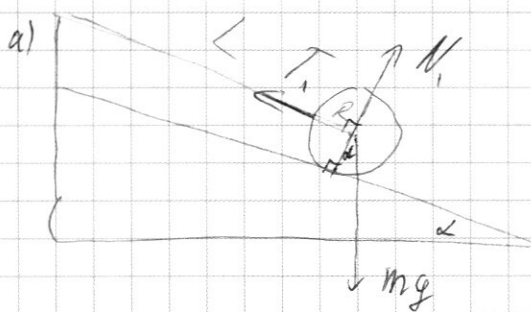
Мин сила нужна для движения

$$F_0 = 3 \mu mg$$

$$\text{конечная скорость } V_k = \sqrt{\frac{2S}{3m} (F - 3 \mu mg)}$$

ЗАДАЧА №3)

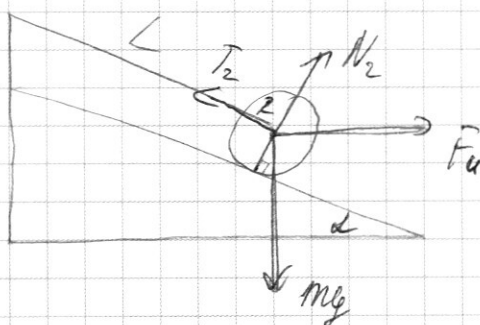
БЕЗ ВРАЩЕНИЯ



N_1 - сила реакции опоры
 T_1 - сила натяжения нити

$$T_1 = mg \sin \alpha$$

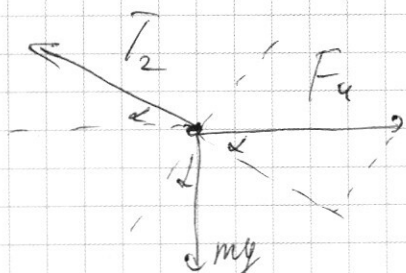
б) С ВРАЩЕНИЕМ



T_2 - сила натяжения нити

N_2 - сила реакции опоры

F_c - центробежная сила возник из-за вращения шара



$$F_c = m \cdot \omega^2 \cdot (L+R)$$

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

$$T_2 = mg \sin \alpha + m \cdot \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha$$

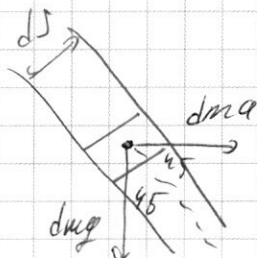
ОТВЕТ:

Сила натяж. нити в покоящейся системе $T_1 = mg \sin \alpha$

Сила нат. нити во вращающейся системе $T_2 = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗАДАЧА 1/4)



Запишем равенство давлений
в (1) и (2)

$$\rho g h_1 + \frac{F_1}{\Delta S} = \rho g h_2 - \frac{F_2}{\Delta S}$$

F_1 и F_2 — силы возникающие из-за
того что система
не находится в равновесии

$$F_1 = m_1 a \cdot \cos 45 = \rho g h_1 a \Delta S$$

$$F_2 = m_2 a \cdot \cos 45 = \rho g h_2 a \Delta S$$

↓

$$\rho a (h_1 + h_2) = \rho g (h_2 - h_1)$$

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = 10 \cdot \frac{12 - 8}{20} = \frac{10 \cdot 4}{20} = 2 \text{ м/с}^2$$

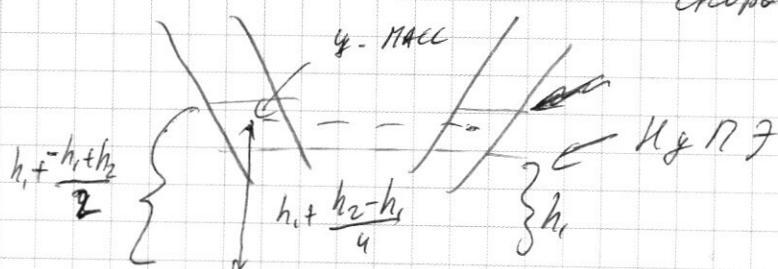
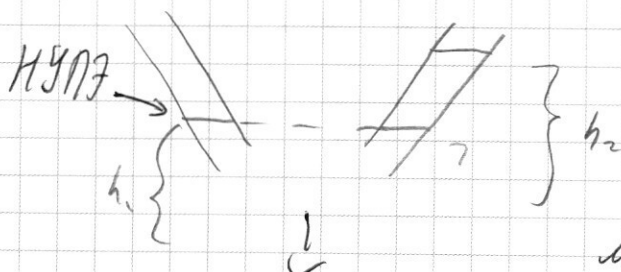
V_0 — скорость трубки
после "мгновенного" ускор

$$3 \text{ Л } \frac{1}{2} m V_0^2 + \frac{m g (h_2 + h_1)}{2} = \frac{m V_{\max}^2}{2} +$$

$V_{\max}$ —
максимальная
скорость

$$+ \frac{m g (h_1 + \frac{h_2 - h_1}{4})}{2} + \frac{m V_0^2}{2}$$

$$V_{\max}^2 = g h_1 + \frac{g (h_2 - h_1)^2}{4}$$



⇒

$$V_{\max}^2 = (h_2 + h_1)g - \frac{3h_1 + h_2}{2}g$$

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{g}{2}(h_2 - h_1)} = \sqrt{5 \cdot 0,04} = \sqrt{\frac{20}{100}} = \sqrt{\frac{1}{5}} = \frac{\sqrt{5}}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ОТВЕТ: ускорение трубки $a = 2 \text{ м/с}^2$
 максимальная скорость воды
 отн. трубки $V_{\max} = \frac{\sqrt{5}}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Задача №5)

$$P_1 V_1 = \nu_1 R T$$

P_1 - давл. пара в нач. момент
 ν_1 - кол-во моль пара в нач. момент

V_1 - объем пара — //

m_1 - масса пара — //

ρ_1 - плотность пара — //

T - температура пара

ρ_B - плотность воды

m - масс. масса пара / воды

$$P_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu_1} R T$$

$$\frac{P_1 \mu_1}{R T} = \rho_1$$

$$k = \frac{\rho_1}{\rho_B} = \frac{P_1 \mu_1}{R T \cdot \rho_B} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18}{1000 \cdot 8,31 \cdot 1000 \cdot (85 + 273)} = \frac{85 \cdot 18}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 368} = \frac{1530}{10 \cdot 305808} = \frac{153}{305808}$$

$$\frac{P_1 V_1}{4,7} = \nu_2 R T \quad \begin{array}{l} \text{кол-во} \\ \nu_2 - \text{моль после смешивания} \\ \text{пара в 4,7 раз} \end{array}$$

$$\nu_B = \nu_1 - \nu_2 = \quad \nu_B - \text{кол-во моль воды}$$

$$= \frac{P_1 V_1}{R T} \left(1 - \frac{1}{4,7}\right) = \frac{P_1 V_1}{R T} \cdot \frac{3,7}{4,7}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\gamma_B = \frac{m_B}{\mu_1} = \frac{\rho_B V_B}{\mu_1}$$

m_B - масса конденс
воздуха
 V_B - объем этой массы

$$V_B = \frac{\rho_1 V_1 \mu_1}{\rho_B R T} \cdot \frac{3.7}{4.7}$$

V_2 - объем газа

$$V_2 = \frac{V_1}{4.7}$$

$$n = \frac{V_2}{V_B} = \frac{V_1 \cdot \rho_B R T \cdot 4.7}{4.7 \rho_1 V_1 \mu_1 \cdot 3.7} = 10 \frac{\rho_B R T}{\rho_1 \mu_1 \cdot 3.7} =$$

$$= \frac{10}{3.7} \cdot \frac{10^3 \cdot 8.31 \cdot 368 \cdot 1000}{8.5 \cdot 10^4 \cdot 18} =$$

$$= \frac{10}{3.7} \cdot \frac{8.31 \cdot 10^3 \cdot 368}{85 \cdot 18} =$$

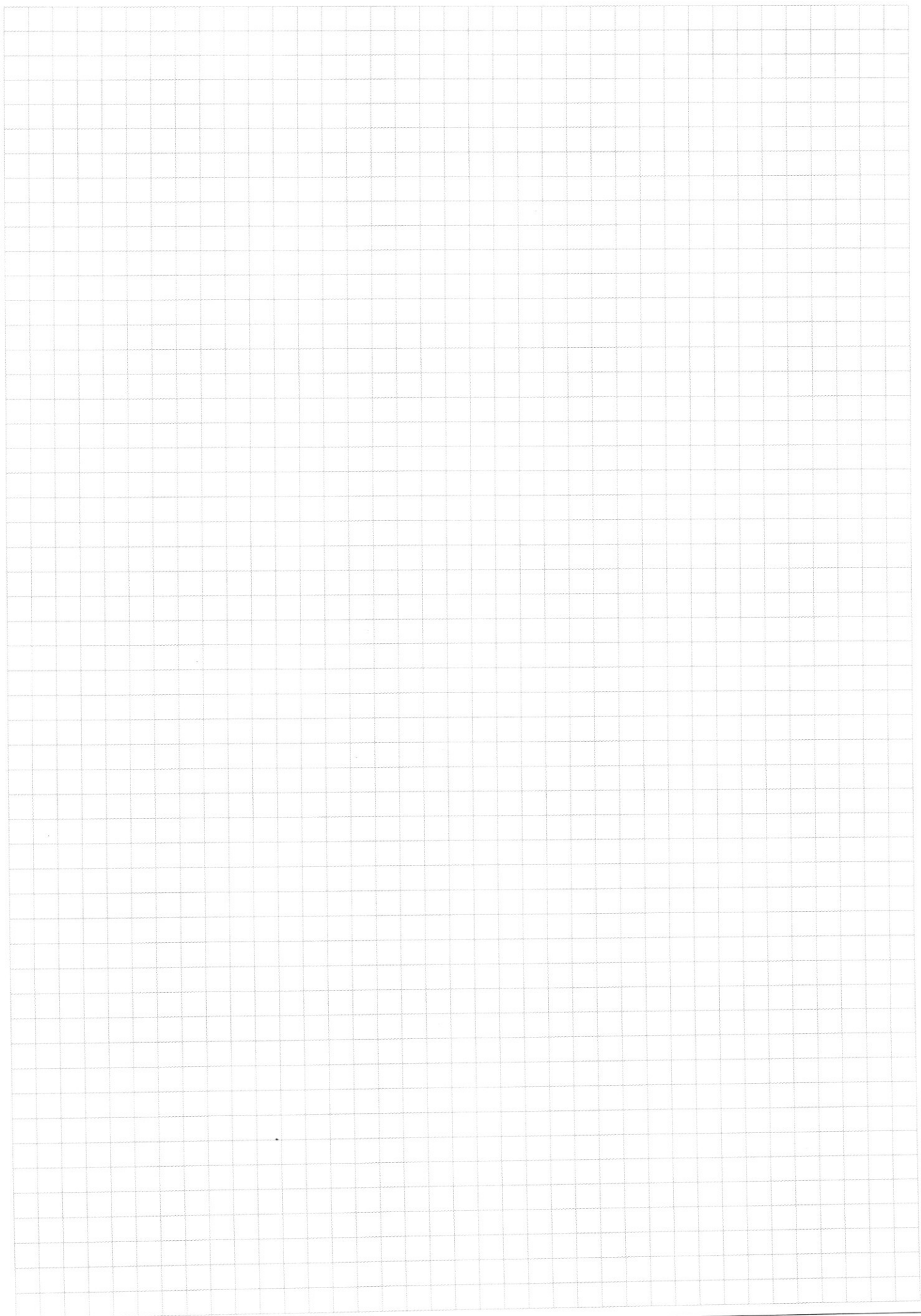
$$= \frac{102 \cdot 305808}{37 \cdot 153} = \frac{3058080}{37 \cdot 153} = 5361$$

ОТВЕТ: отношение плотностей $k = \frac{153}{305808} \approx$
 $\approx \frac{153}{306000} = \frac{1}{2000}$

отношение объемов:

$$n = \frac{3058080}{37 \cdot 153} = \frac{3058080}{5361} \approx$$

$$\approx \frac{3060000}{5400} = 5.67 \cdot 10^2$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$pV = \nu RT$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

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

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

$$\frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{pM}{RT \cdot \rho_B}$$

$$pV = \nu RT$$

$$\frac{pV}{4.7} = \nu RT$$

$$\nu_1 - \nu_2 = \frac{pV}{RT} \left(1 - \frac{1}{4.7} \right) = \frac{pV}{RT} \cdot \frac{3.7}{4.7} = \nu$$

$$\nu_B = \frac{m_B}{M_B} = \frac{\rho_B V_B}{M_B}$$

$$\frac{3.7}{4.7} \frac{pV}{RT} = \frac{\rho_B V_B}{M_B} \quad V_B = \frac{3.7}{4.7} \frac{pV M_B}{RT \rho_B}$$

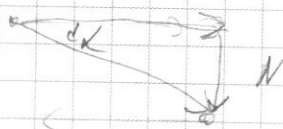
$$V_n = \frac{V}{4.7}$$

$$\frac{V_n}{V_B} = \frac{V \cdot 4.7 RT \rho_B}{4.7 \cdot 3.7 pV M_B} = \frac{10}{3.7} \frac{RT \rho_B}{p M_B}$$

$$2F_c = 6mg\mu$$

$$F_0 = 3mg\mu$$

(mg)

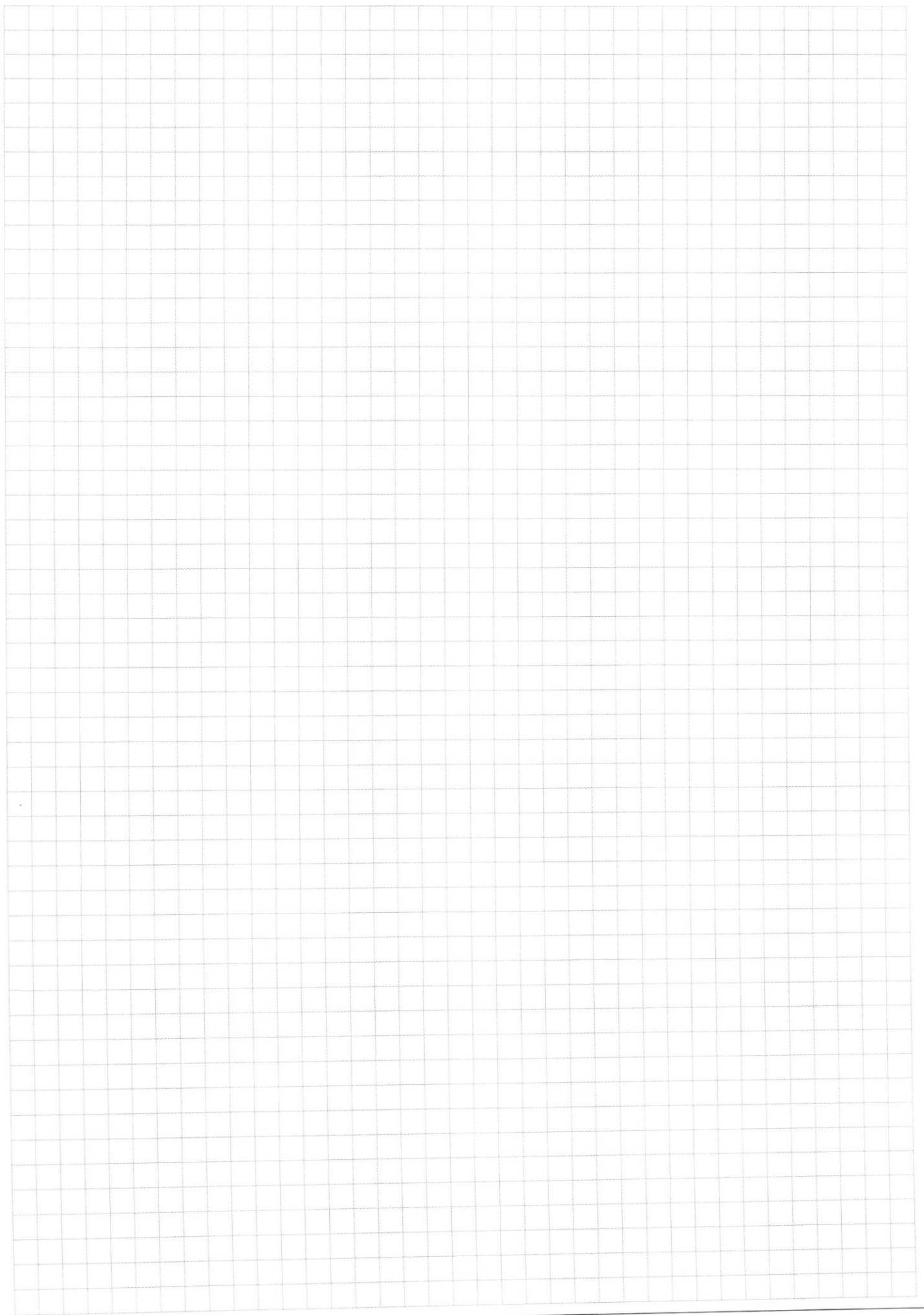


$$\frac{N}{F_0} = \cos \alpha \quad N = dL F_0$$

$$2F - 6mg\mu = 6ma$$

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

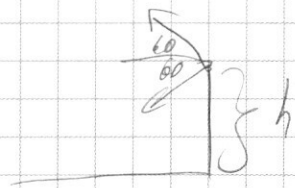
$$V = \sqrt{2S \cdot \frac{F - 3mg\mu}{3m}}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mgh + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{m \cdot (2,5)^2 V_0^2}{2}$$

$$h = \frac{V_0^2}{2g} \cdot (2,5 - 1)/(2,5 + 1) =$$

$$= \frac{V_0^2}{2g} \cdot \frac{15}{10} \cdot \frac{35}{10} =$$

$$h = V_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{V_0^2}{2g} \cdot \frac{15}{10} \cdot \frac{35}{10} = V_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{82 \cdot 15 \cdot 35}{2 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10} =$$

$$= \frac{22 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 7}{2 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 10} =$$

$$= \frac{21}{10}$$

$$24 \frac{21}{10} = 8t + 5t^2$$

$$t = \frac{-8 \pm \sqrt{64 + \frac{21 \cdot 2}{5}}}{10}$$

$$50t^2 + 80t - 21 = 0$$

$$t = \frac{-80 \pm \sqrt{64 \cdot 10^2 + 4 \cdot 50 \cdot 21}}{100} =$$

$$= \frac{-80 + \sqrt{64 \cdot 10^2 + 42 \cdot 10^2}}{100} =$$

$$V_y = V_0 \sin 60 - gt =$$

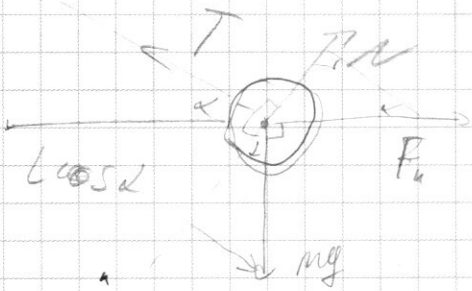
$$= 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{106} - 8$$

$$X = V_0 \cos 60 \cdot \frac{\sqrt{106} - 8}{10} = \frac{4(\sqrt{106} - 8)}{10}$$

$$(V_0 \sqrt{6})^2 = V_0^2 \cdot \frac{1}{4} =$$

$$= V_0^2 \cdot \frac{4 \cdot 6 + 1}{4} = \frac{25}{4} V_0^2$$

$$V_0 \cdot \frac{5}{2} = 2,5 V_0$$



$$T = mg \sin \alpha$$

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

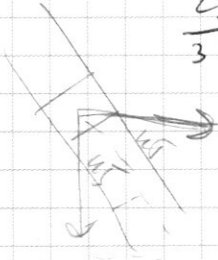
$$48 + 6 = 54$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ 18 \\ \hline 680 \\ 85 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 56 \quad 2 \quad 368 \\ \hline 831 \\ 368 \\ \hline 1104 \\ 2944 \\ \hline 305808 \end{array}$$

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

$$24 + 5 = 29$$



$$\begin{array}{r} 153 \\ 37 \\ \hline 471 \\ 459 \\ \hline 5036 \end{array}$$

$$\frac{dS \cdot h_1}{\cos 45} \rho g \cdot \cos 45 + \frac{dS \cdot h_2}{\cos 45} \rho g \cdot \cos 45 =$$

$$\frac{dS \cdot h_2}{\cos 45} \rho g - \frac{dS \cdot h_2}{\cos 45} \rho g \alpha \cos 45$$

$$\frac{dS \cdot h_1}{\cos 45} \rho g \cdot \cos 45 = \rho g h_2 - h_2 \rho g \alpha$$

$$\rho g (h_2 - h_1) = \rho g \alpha (h_1 + h_2)$$

$$5361 \approx 5400$$

$$\alpha = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$\frac{3060000}{54 \cdot 10^2} =$$

$$\begin{array}{r} 306 \quad | \quad 54 \\ 270 \\ \hline 360 \end{array}$$

$$\frac{(h_2 - h_1) dS}{\cos \alpha}$$

$$m \frac{h_2 + h_1}{2} g = \frac{mV^2}{2} + 361g \left(h_1 + \frac{h_2 - h_1}{4} \right) =$$

$$= 54(6) \cdot 10^2 = \frac{mV^2}{2} + mg \left(\frac{3h_1 + h_2}{4} \right)$$



$$\frac{h_2 - h_1}{4}$$

h

$$(h_2 + h_1)g = V^2 + \frac{3h_1 + h_2}{2}g$$

$$(2h_2 + 2h_1 - 3h_1 - h_2)g = V^2$$

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