

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 10

Вариант 10-02

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

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.

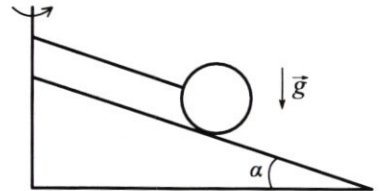
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

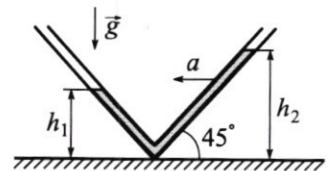
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

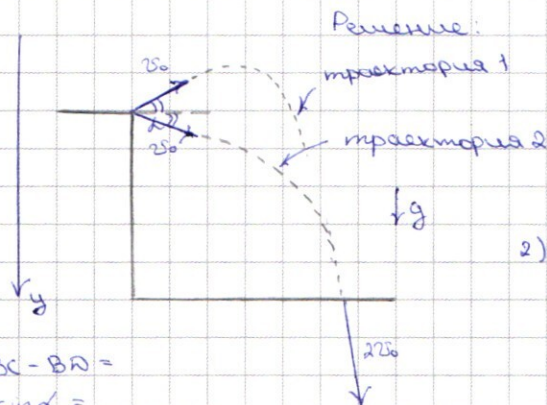
$$2v_0$$

Найти:

$$v_{yk} - ?$$

$$t - ?$$

$$h - ?$$



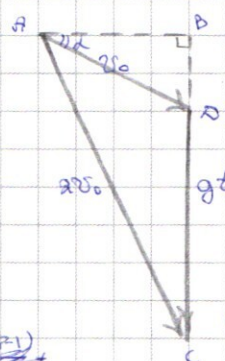
Решение:

траектория 1

траектория 2

1) По условию задачи
все время приближалась
к Земле $\Rightarrow$ она летела
по траектории 2 (см. рис)

2) Треугольник скоростей



$$\begin{aligned} v_{yk} &= BC = \\ &= \sqrt{AC^2 - AB^2} = \\ &= \sqrt{4v_0^2 - (v_0 \cos \alpha)^2} = \\ &= \sqrt{4v_0^2 - \frac{3}{4}v_0^2} = \\ &= \frac{v_0 \sqrt{13}}{2} = \\ &= \frac{10 \sqrt{13}}{2} \approx 18 \text{ м/с} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) gt &= CD = BC - BD = \\ &= \frac{2v_0 \sqrt{13}}{2} - v_0 \sin \alpha = \end{aligned}$$

$$= \frac{v_0 (\sqrt{13} - 1)}{2}$$

$$(t = \frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g})$$

$$t = \frac{v_0 (\sqrt{13} - 1)}{2g} = \frac{10 (\sqrt{13} - 1)}{2 \cdot 10} \approx 1,3 \text{ с}$$

$$\begin{aligned} 4) h &= v_{0y} t + \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin \alpha \frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} + \\ &= v_0 \sin \alpha \cdot \frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} + \frac{g v_0^2 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2}{2g} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{v_0^2}{g} \sin \alpha (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha) + \frac{v_0^2}{2g} (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2 = \frac{100}{10} \cdot \frac{1}{2} (\sqrt{4 - \frac{3}{4}} - \frac{1}{2}) (1 + \sqrt{4 - \frac{3}{4}} - \frac{1}{2}) = \\ &= 15 \text{ м} \end{aligned}$$

Ответ: $v_{yk} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = 18 \text{ м/с}$; $t = \frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} = 1,3 \text{ с}$; $h = \frac{v_0^2}{2g} (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2 + \frac{v_0^2}{g} \sin \alpha (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha) = 15 \text{ м}$

~2

Дано:

$$S$$

$$m$$

$$M = 2m$$

$$M$$

$$F$$

Найти:

$$N - ?$$

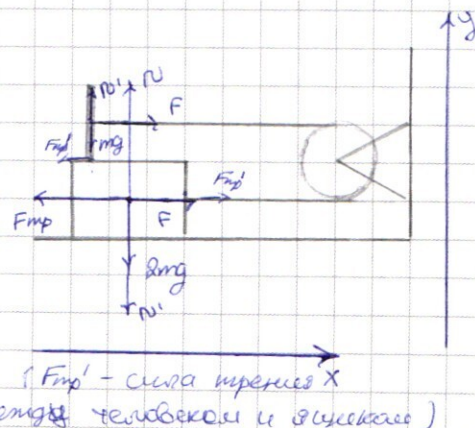
$$F_0 - ?$$

$$t - ?$$

Решение:

1) Расставим силы, действующие на человека и ящик. Отметим, что силы, действующие на человека и ящик со стороны нити, равны вследствие невесомости каната (нити)

2) РЗН для системы "ящик + человек"
ОУ: $N = mg + 2mg = 3mg$



F_{np} - сила трения $\times$
между человеком и ящиком

Ох: $(m+2m)a = 2F - F_{\text{тр}}$, где a — ускорение системы
 $F_{\text{тр}} = \mu N$

3) F будет минимальна $\Leftrightarrow a=0$, тогда, из пункта 2:
 $\mu N = 2F_0$
 $F_0 = \frac{3\mu mg}{2}$

4) $a = (2F - 3\mu mg) / 3m$

$$s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2s \cdot 3m}{2F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ: $N = 3mg$; $F_0 = \frac{3\mu mg}{2}$; $t = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu mg}}$

~3

Дано:

m

R

α

L

ω

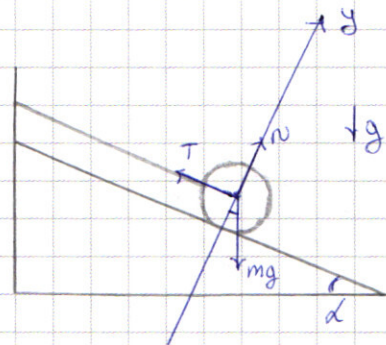
Найти:

N_1 — ?

N_2 — ?

Решение:

1) Расставим силы, действующие на шар (при вращении и в состоянии покоя сила одна и та же, меняется только их модуль)



2) 23Н в состоянии покоя

Оу: $0 = N_1 - mg \cos \alpha \Rightarrow N_1 = mg \cos \alpha$

3) 23Н ~~в состоянии~~ при вращении

Оу: $ma_y = N_2 - mg \cos \alpha$, где a_y — проекция нормального ускорения на Оу

$$a_y = -\omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$N_2 = -\omega^2 (L+R) \cos \alpha + mg \cos \alpha$$

Ответ: $N_1 = mg \cos \alpha$; $N_2 = -\omega^2 (L+R) \cos \alpha + mg \cos \alpha$

~5

Дано:

$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$

$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{Па}$

$\mu = 5,6$ раз

$S = 1 \text{ л/см}^3$

$M = 182 \text{ г/моль}$

Найти:

$\frac{S_{\text{п}}}{S}$ — ?

$\frac{V_{\text{н}}}{V_0}$ — ?

Решение:

1) По ур-ю Менделеева-Клапейрона:

$pV_{\text{п}} = \frac{m_{\text{п}}}{M} RT$, где $V_{\text{п}}$ — изначальный объем пара;

$m_{\text{п}}$ — его масса;

R — универсальная газовая постоянная

$$pV_{\text{п}} = \frac{V_{\text{п}} S_{\text{п}}}{M} RT$$

$$S_{\text{п}} = \frac{MP}{RT}$$

$$\frac{S_{\text{п}}}{S} = \frac{MP}{SRT} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,55 \cdot 10^3}{10^3 \cdot 8,3 \cdot 300} \approx 25,5 \cdot 10^{-4} = 2,55 \cdot 10^{-5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $m_{n1} = m_{n2} + m_b$, где m_{n2} - масса пара в момент, когда его объем $\frac{V_{n1}}{\rho}$
 m_b - масса воды к этому моменту

$V_{n1} \rho_n = V_b \rho + V_{n2} \rho_n$ - плотность пара в процессе не изменилась,
т.к. он продолжает быть насыщенным

Отметим, что $V_{n2} = \frac{V_{n1}}{\rho} \Rightarrow V_{n1} = \rho V_{n2}$, тогда:

$$\rho V_{n2} \rho_n = V_b \rho + V_{n2} \rho_n \quad | : V_b$$

$$\frac{V_{n2}}{V_b} \cdot \rho \rho_n = \rho + \frac{V_{n2}}{V_b} \cdot \rho_n$$

$$\frac{V_{n2}}{V_b} \cdot \rho_n (\rho - 1) = \rho \Rightarrow \frac{V_{n2}}{V_b} = \frac{\rho}{\rho_n (\rho - 1)} = \frac{\rho RT}{p \rho_n (\rho - 1)} = \frac{1}{2,85 \cdot 10^{-5} \cdot (5,6 - 1)} \approx 8,5 \cdot 10^3$$

Ответ: $\frac{\rho_n}{\rho} = 2,55 \cdot 10^{-5}$; $\frac{V_{n2}}{V_b} = 8,5 \cdot 10^3$

~ 4

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ см}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

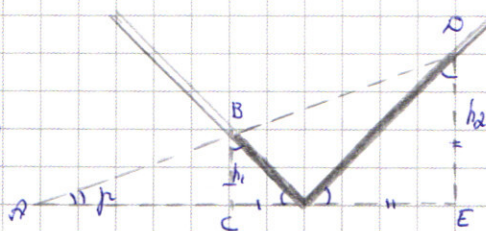
Найти:

$$h_2 = ?$$

$$25 = ?$$

Решение:

1) Пусть ρ - угол
наклона жидкости
к горизонту
 $\angle g \rho = \frac{g}{g} (g \cos \alpha \sin \alpha \sin 4)$



$$2) \angle g \rho = \frac{h_1}{AC} = \frac{a}{g} \Rightarrow AC = \frac{h_1 g}{a}$$

$$\angle g \rho = \frac{h_2}{AE} = \frac{h_2}{AC + CE} = \frac{h_2}{AC + h_1 + h_2} = \frac{a}{g} \Rightarrow \frac{h_1 g}{a} \cdot a + h_1 a + h_2 a = h_2 g \Rightarrow h_2 = \frac{h_1 (a + g)}{g - a} =$$

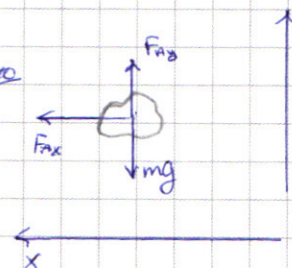
$$= \frac{10(4+10)}{10-4} \approx 23,3 \text{ см}$$

3) Рассмотрим часть воды массой m и объема V равномерно
после того, как трубка ~~состояла~~ стала двигаться
23Н ОХ: $ma_x = F_{Ax}$, где F_{Ax} - горизонтальная
составляющая силы Архимеда (она не
изменилась, несмотря на то, что трубка стала
двигаться равномерно)

$$ma_x = \rho a V, \text{ где } \rho - \text{плотность } \text{в} \text{ жидкости}$$

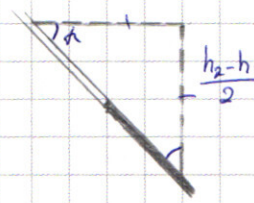
$$ma_x = ma \Rightarrow a_x = a$$

Таким образом, вся жидкость будет иметь горизонтальное
постоянное (т.к. по условию действие сил трения пренебрежимо
мало) ускорение a



04: $ma_y = F_{Ay} - mg$, где F_{Ay} - вертикальная составляющая силы Архимеда
 $ma_y = \rho g V - mg$
 $ma_y = mg - mg$
 $ma_y = 0 \Rightarrow a_y = 0 \Rightarrow$ жидкости не будет иметь вертикального ускорения

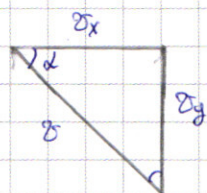
4) когда уровни масла будут находиться на одной высоте, она будет равна $\frac{h_1 + h_2}{2}$
 Т.е. жидкость сместится на $\frac{h_1 + h_2}{2} - h_1 = \frac{h_2 - h_1}{2}$ по вертикали
 При этом $\alpha = 45^\circ \Rightarrow$ смещение по горизонтали равно смещению по вертикали



Тогда,
 $\frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{v_x^2}{2a}$, где v_x - проекция искомой скорости v на Ox
 (Начальная скорость жидкости равна нулю)

$$v_x = \sqrt{a(h_2 - h_1)}$$

5) Т.к. $\alpha = 45^\circ$, то $v_x = v_y$, где v_y - вертикальная составляющая v



Тогда, $v = v_x \sqrt{2} = \sqrt{2a(h_2 - h_1)} = \sqrt{2a \cdot \frac{2h_1 a}{g - a}} =$
 $= 2a \sqrt{\frac{h_1}{g - a}} = 2 \cdot 4 \sqrt{\frac{0,1}{10 - 4}} \approx 1 \text{ м/с}$

Ответ: $h_2 = \frac{h_1(a + g)}{g - a} = 23,3 \text{ см}$; $v = 2a \sqrt{\frac{h_1}{g - a}} = 1 \text{ м/с}$

Рок-во для задачи ~ 4

$$\pm g \mu = \frac{a}{g}$$

Рассмотрим часть жидкости массы m и объема V

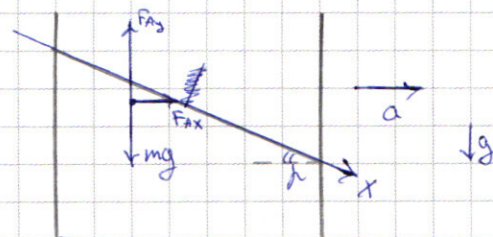
ВЗН Ox : $ma \cos \mu = mg \sin \mu - F_{Ay} \sin \mu + F_{Ax} \cos \mu$,

где F_{Ay} и F_{Ax} - вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда соответственно.

$ma \cos \mu = mg \sin \mu - \rho g V \sin \mu + \rho g V \cos \mu$, где ρ - плотность жидкости

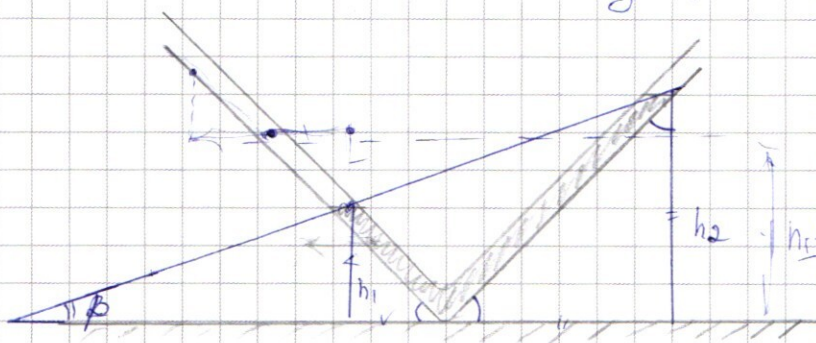
$\cos \mu a (m - \rho V) = \sin \mu (mg - \rho g V)$

$\pm g \mu = \frac{a}{g}$, т.е.

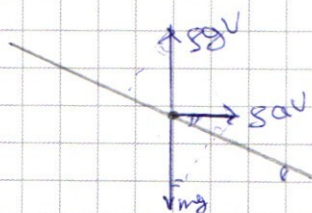


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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



$$5 \cdot 1,3 + \frac{10 \cdot 1,3^2}{2} = 5 \cdot 1,3 + 5 \cdot 1,3^2 =$$



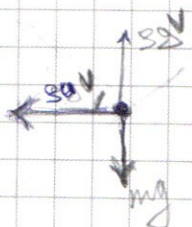
$$ma \cos \alpha = mg \sin \alpha + saV \cos \alpha - sgV \sin \alpha$$

$$ma = mg \sin \alpha + saV - sgV \cos \alpha = 5 \cdot 1,3(1+1,3^2)$$

$$g \sin \alpha (mg - sgV) = ma - saV$$

$$\boxed{\sin \alpha = \frac{a}{g}}$$

$$\frac{4}{ca} \cdot 11 = 5 \cdot 2 \cdot 10$$



$$mg = saV$$

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

$$\frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{v^2}{2a}$$

$$v^2 = a(h_2 - h_1)$$

1/2

1/2

1/2

=

0,1



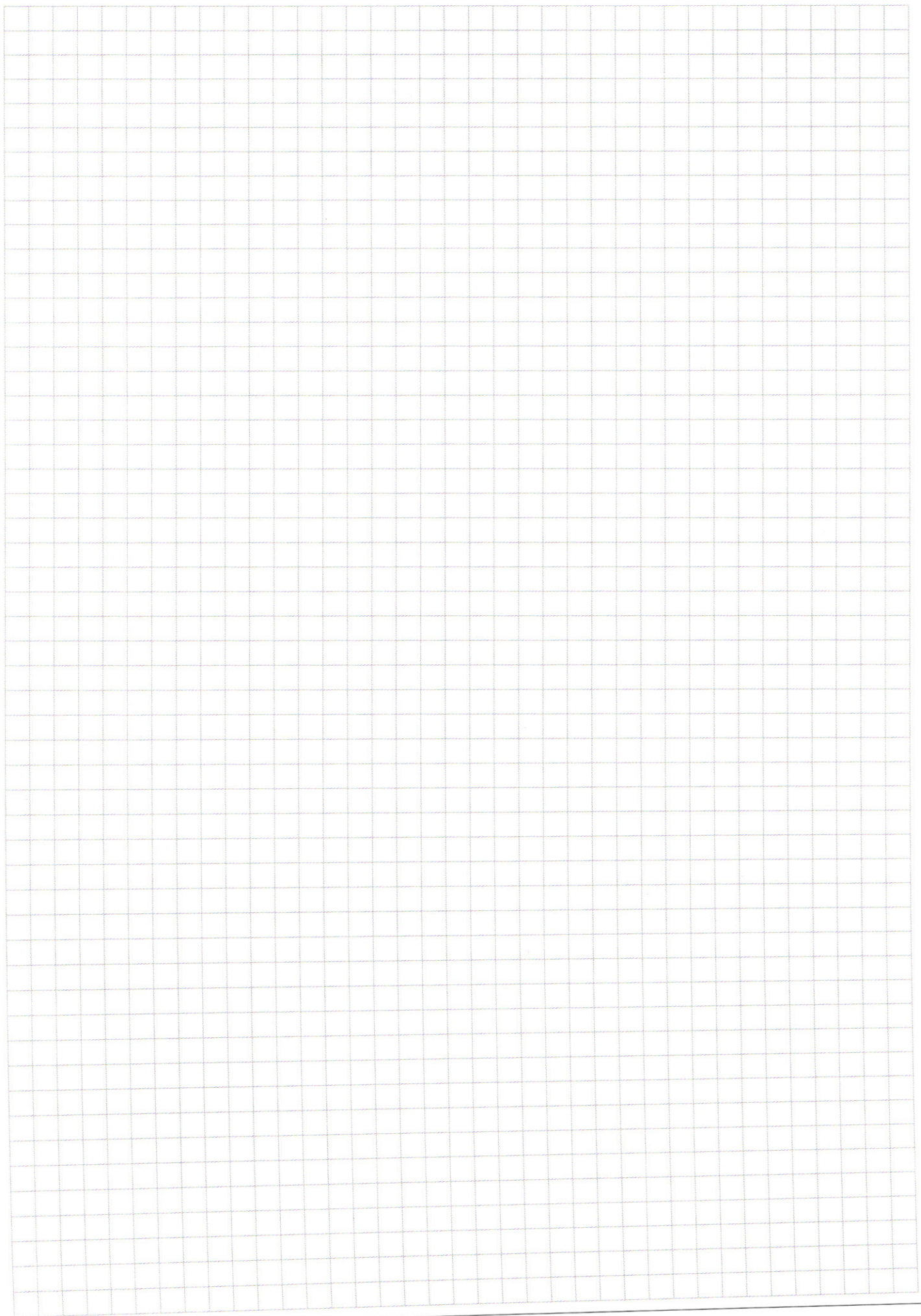
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

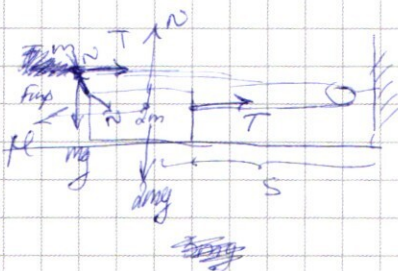
Страница № _____
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$N = 2mg + mg = 3mg$$

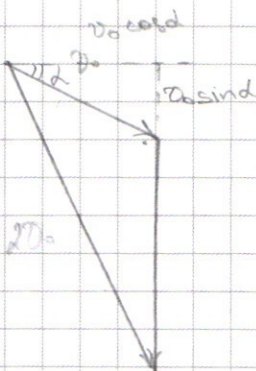
$$2T = 3mg\mu$$

$$mq =$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 24 \\ \hline 300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 3,5 \\ \hline 17,5 \\ + 10,5 \\ \hline 12,25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 3,6 \\ \hline 21,6 \\ + 10,8 \\ \hline 12,96 \end{array}$$



$$\begin{aligned} \sqrt{4 - \frac{3}{4}} &= \\ &= \sqrt{\frac{16-3}{4}} = \\ &= \sqrt{\frac{13}{4}} = \frac{\sqrt{13}}{2} \end{aligned}$$

$$h = v_{0y} + \frac{gt^2}{2}$$

$$v_{gx} = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}$$

$$\begin{aligned} gt - v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - v_0 \sin \alpha &= \\ &= v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha) \end{aligned}$$

$$\frac{10}{2}$$

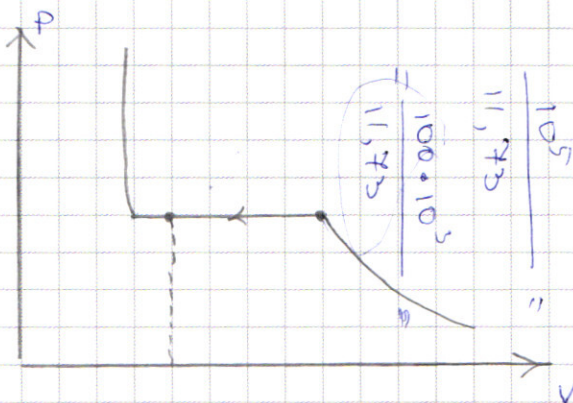
$$5 \left(\frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} \right) \left(1 + \frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} \right) =$$

$$= 5 \left(\frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2} \right) \left(\frac{\sqrt{13}}{2} + \frac{1}{2} \right) =$$

$$= 5 \cdot \left(\frac{13}{4} - \frac{1}{4} \right) = 5 \cdot \frac{12}{4} = 5 \cdot 3 = 15$$

$$\frac{10 \cdot 3,6}{2} = \frac{36}{2} = 18$$

$$\frac{10(3,6-1)}{2 \cdot 10} = \frac{2,6}{2} = 1,3$$



$$\begin{array}{r} 33 \\ \times 855 \\ \hline 10230 \\ + 15336 \\ \hline 11730 \end{array}$$

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

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT \Rightarrow S_n = \frac{MP}{RT}$$

$$\frac{S_n}{S_0} = \frac{MP}{SRT}$$

$$V_{n1} S_n = V_g S + V_{n2} S_n$$

$$\rho V_{n2} S_n = V_g S + V_{n2} S_n$$

$$V_{n2} S_n (\rho - 1) = V_g S$$

$$\frac{V_{n2}}{V_g} = \frac{S}{S_n (\rho - 1)}$$

$$= \frac{6.355 \cdot 10^{-6}}{83} = \frac{6.355 \cdot 10^{-6}}{83}$$

$$= \frac{6.355 \cdot 10^{-5}}{83}$$

$$= \frac{18.355}{10^3 \cdot 8.3 \cdot 300} = \frac{18.355}{10^3 \cdot 8.3 \cdot 300}$$

$$= \frac{18.355}{10^3 \cdot 8.3 \cdot 300}$$

$$m_{n1} = m_g + m_{n2}$$

$$m_{n1} = m_g + m_{n2}$$

$$\frac{V}{S_n} = \frac{V_g}{S} + \frac{V}{\rho S_n} \Rightarrow \frac{S}{S_n} = \frac{V_g}{V} + \frac{S}{\rho S_n}$$

$$\frac{S}{S_n} = \frac{V_g}{V} + \frac{S}{\rho S_n}$$

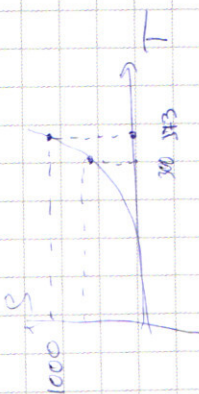
$$\frac{V_g}{V} = \frac{S_n}{S} \left(1 - \frac{1}{\rho}\right)$$

$$\frac{V}{V_g} = \frac{S}{S_n} \frac{1}{1 - \frac{1}{\rho}}$$

$$\frac{V}{\rho V_g} = \frac{S_n}{S} \frac{1}{\rho - 1}$$

$$\frac{13}{425} \times \frac{425}{3550}$$

$$= \frac{6.355 \cdot 10^{-2}}{83 \cdot 10^3}$$



$$\frac{3}{355} \times \frac{355}{60}$$

$$\frac{355}{355}$$

$$\frac{355}{355}$$

$$\frac{83}{45} \times \frac{45}{330} = \frac{373.5}{330}$$

$$\frac{4836}{8} \times \frac{11}{525}$$

$$\frac{105}{54.55} \times \frac{11}{6} = \frac{105}{54.55} \times \frac{11}{6}$$

$$\frac{105}{54.55} \times \frac{11}{6} = \frac{105}{54.55} \times \frac{11}{6}$$