

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.

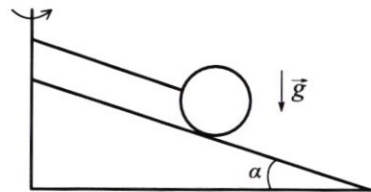
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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?

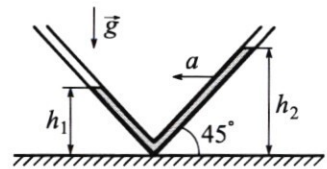
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

- 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

N1

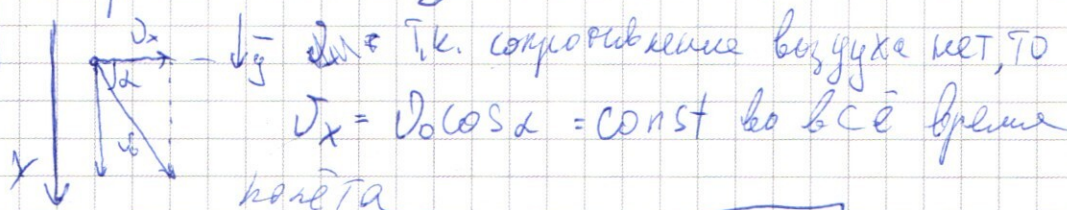
$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$2,5 v_0; 2 \leq 60^\circ$$

$$v_y = ?; t = ?$$

$$L = ?$$

из условия ясно, что всё время движется
к Земле $\rightarrow$ вертикальная часть скорости
направлена вниз;



$$1) v_y = \sqrt{(2,5 v_0)^2 - v_x^2} = v_0 \sqrt{6,25 - \cos^2 \alpha} = 8 \sqrt{6,25 - \frac{1}{4}} \approx 19,63 \text{ м/с}$$

$$2) OX: v_y = v_0 \sin \alpha = g t \quad t = \frac{1}{g} (19,63 - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}) \approx 1,27 \text{ с}$$

$$3) L - \text{ время полёта} \quad L = v_0 \cos \alpha t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,27 = 5,1 \text{ м}$$

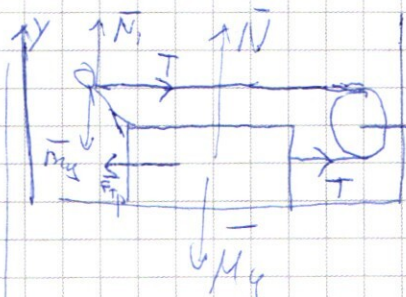
Ответ: 19,63 м/с; 1,27 с; 5,1 м.

N2

$$S; m; M = 5 \text{ кг}$$

$$P = ?; F_0 = ?$$

$$v(F) = ?; F > F_0$$



1) по 3 з. Ньютона:

$$P = N; +mg = N,$$

$$N = N_1 + Mg = 6mg$$

натяжение нити T не

учитываем, т.к. по условию нить горизонтальна. $\rightarrow T_x = 0$

2) По 3 з. Ньютона сила F , с которой действует человек на трос равна силе натяжения троса T ($F = T$)

Далее я буду рассматривать человека и лифт как одно целое (т.к. внутренние силы

Система в проекции на горизонтальную ось скольжения

2) Монотонно: $6m\alpha = 2F - 6\mu mg$ ($F_{тр} = \mu N = 6\mu mg$)
з. Купцова - Монотонно

$$F = 3m(\alpha + \mu g) \rightarrow F \geq 3m\mu g \rightarrow$$

$$\rightarrow F_0 = \frac{3m\mu g}{2}$$

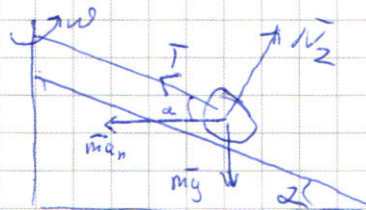
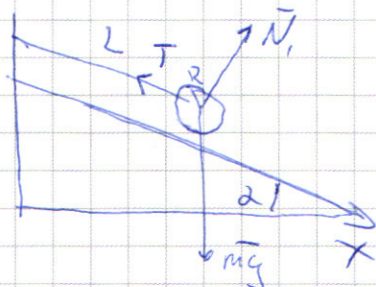
3) $S = \frac{at^2}{2} = \left[\frac{v^2}{2a} \right] = \frac{v^2}{2a}$ ($T, k, a = \text{const}$)

из п. 2. $a = \frac{F}{3m} - \mu g \rightarrow v = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$

Ответ: $6\mu g$; $3\mu mg$; $\sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$

N3

m, R, L, ω
 $T_1 = ?; T_2 = ?$



1) з. М. Ох: $mg \sin \alpha = T$

2) з. М. Ох: $m a_n \cos \alpha = T - mg \sin \alpha$
 $F = m(\omega^2(L+R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$

Ответ: $mg \sin \alpha$; $m(g \sin \alpha + \omega^2(L+R) \cos^2 \alpha)$

N5

$P = 8.5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

$T = 368 \text{ K}$

$\gamma = 1.7$; $p_0 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$\mu = 0.018 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$

$\frac{p_n}{p_0} = \frac{V_n}{V_0}$

1) $p V_n = \frac{m_n}{M} R T = \frac{p_n V_n}{M} R T$ $p_n = \frac{M p_0}{R T}$

$p_n = \frac{0.018 \cdot 8.5 \cdot 10^3}{8.31 \cdot 368} \approx 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$\frac{p_n}{p_0} = \frac{V_n}{V_0} = 5 \cdot 10^{-4}$

2) V_0 - начальная объем газа

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Т.к. $T = \text{const}$, $p = \text{const}$ ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$), то справедливо $\frac{V}{\gamma} = \text{const}$

$\frac{V_0}{\gamma_n + \gamma_b} = \frac{V_0}{\gamma_n}$ γ_n - кол-во паре после сжатия
 γ_b - кол-во сконденсированной воды

$$\gamma_n = \gamma_n + \gamma_b \quad \gamma m_n = m_n + m_b \quad \gamma p_n V_n = p_n V_n + p_b V_b$$

$$p_n V_n (\gamma - 1) = p_b V_b \quad \frac{V_n}{V_b} = \frac{p_b}{p_n (\gamma - 1)} = \frac{1000}{0.15 \cdot 3.7} \approx 1.54, 5$$

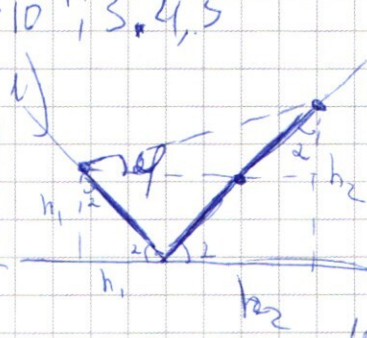
Ответ: $5 \cdot 10^{-4}$; $5.4, 5$

№4.

$h_1 = 8 \text{ см}$, $h_2 = 2 \text{ см}$.

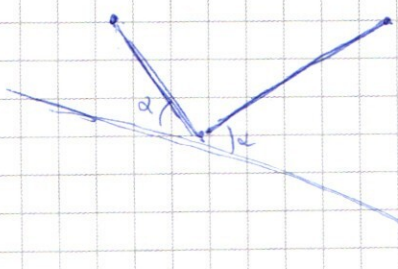
$\alpha = 45^\circ$

$a = ?$; $v_{\text{max}} = ?$



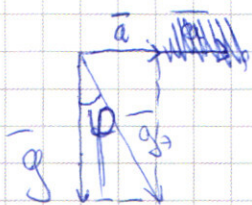
Передду в CD,
которые движется
в том же направ-
лении с тем же
ускорением.

В этой CD возможны $\vec{g}_z = \vec{g} + \vec{a}$



Как видно из рисунка
Такая ситуация эквивалентна
1-ой, только с грузом 2 кг
Получается, что ускорение
 a "поворачивает" систему

Найду угол поворота φ ; как видно на 1-ом ри-
сунке угол φ заключен между новой "линией
границы воды" и старой. $\tan \varphi = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{1}{3}$.



$$g^2 = a^2 + g_y^2$$

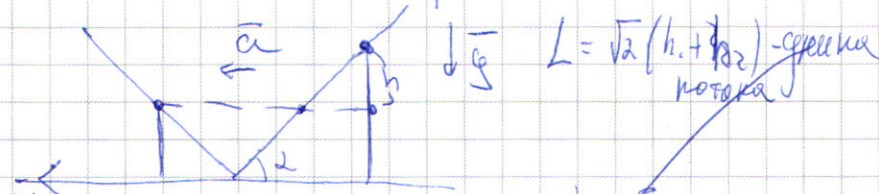
$$g = g_y \cos \varphi$$

$$a^2 + g_y^2 = \frac{g^2}{\cos^2 \varphi}$$

$$a^2 = g^2 \left(\frac{1 - \cos^2 \varphi}{\cos^2 \varphi} \right) = g^2 \tan^2 \varphi$$

$$a = g \tan \varphi = \frac{g}{5} = 2 \text{ м/с}^2$$

2) Векторная



~~В треугольном элементе времени: $ma = \rho g h S$~~

~~S - площадь сечения трубы, m - масса всей воды.~~

~~Т.к. жидкость несжимаема, то все U и поток одинаковый, то каждая часть воды имеет одинаковые скорость и ускорение: $\rightarrow$ формула выше может быть применена ко всей жидкости.~~

~~2) И. ОХ: $ma = \rho g h S \sin \alpha \tan \alpha = \rho g h S$~~

~~$\rho L S a = \rho g h S \quad L a = g h = L \frac{dv}{dt}$~~

~~$L dv = g h dt, \quad dh = 2v dt \quad dt = \frac{dh}{2v}$~~

~~$L dv = g h \frac{dh}{2v} \quad 2 \int_0^v v dv = -g \int_{h_2}^{h_1} h dh$~~

~~$-2L \left[\frac{v^2}{2} \right]_0^v = g h \left[\frac{h^2}{2} \right]_{h_2}^{h_1} \quad 2L v^2 = g (h_2^2 - h_1^2) \rightarrow$~~

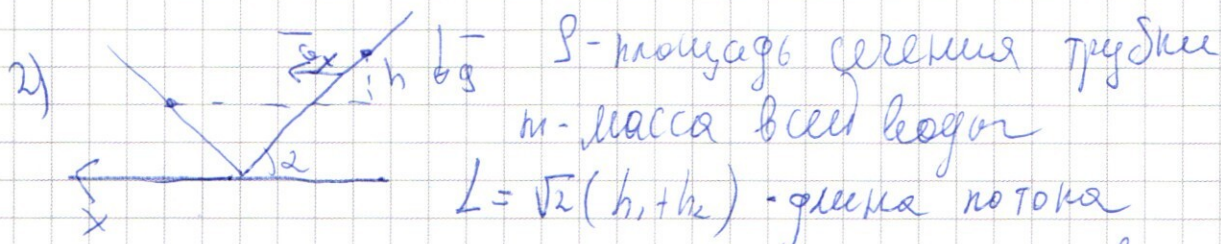
~~$\rightarrow v = v_{\max} \text{ при } h=0. \quad v = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2L}} = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2 \cdot 2 \cdot (h_1 + h_2)}}$~~

~~$v = 0,04 \sqrt{\frac{105}{2 \cdot 2 \cdot 0,2}} = 0,04 \sqrt{\frac{50}{2 \cdot 2}} = 0,04 \sqrt{18} = 0,12 \sqrt{2}$~~

~~$v = 0,17 \text{ м/с}$ Ответ: $2 \text{ м/с}; 0,17 \text{ м/с}$~~

~~Ответу, это я нашел скорость относительно трубы, перейдя в СО, движущуюся со скоростью трубы $v_{\text{тр}}$.~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Т.к. вязкость незначительна и трение отсутствует, то каждая часть потока имеет одинаковые ускорение и скорость (по модулю).

$$2 \text{ з. и. } 0x = ma_x = m a \cos \alpha = \rho g h S \cos \alpha \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$m = \rho L S$$

$$\rho L S a = \rho g h S \quad a = g h$$

$$L \frac{dh}{dt} = g h \quad (a_x = a \cos \alpha \text{ для всех точек потока})$$

методом малых перемещений выведем dh/dt :

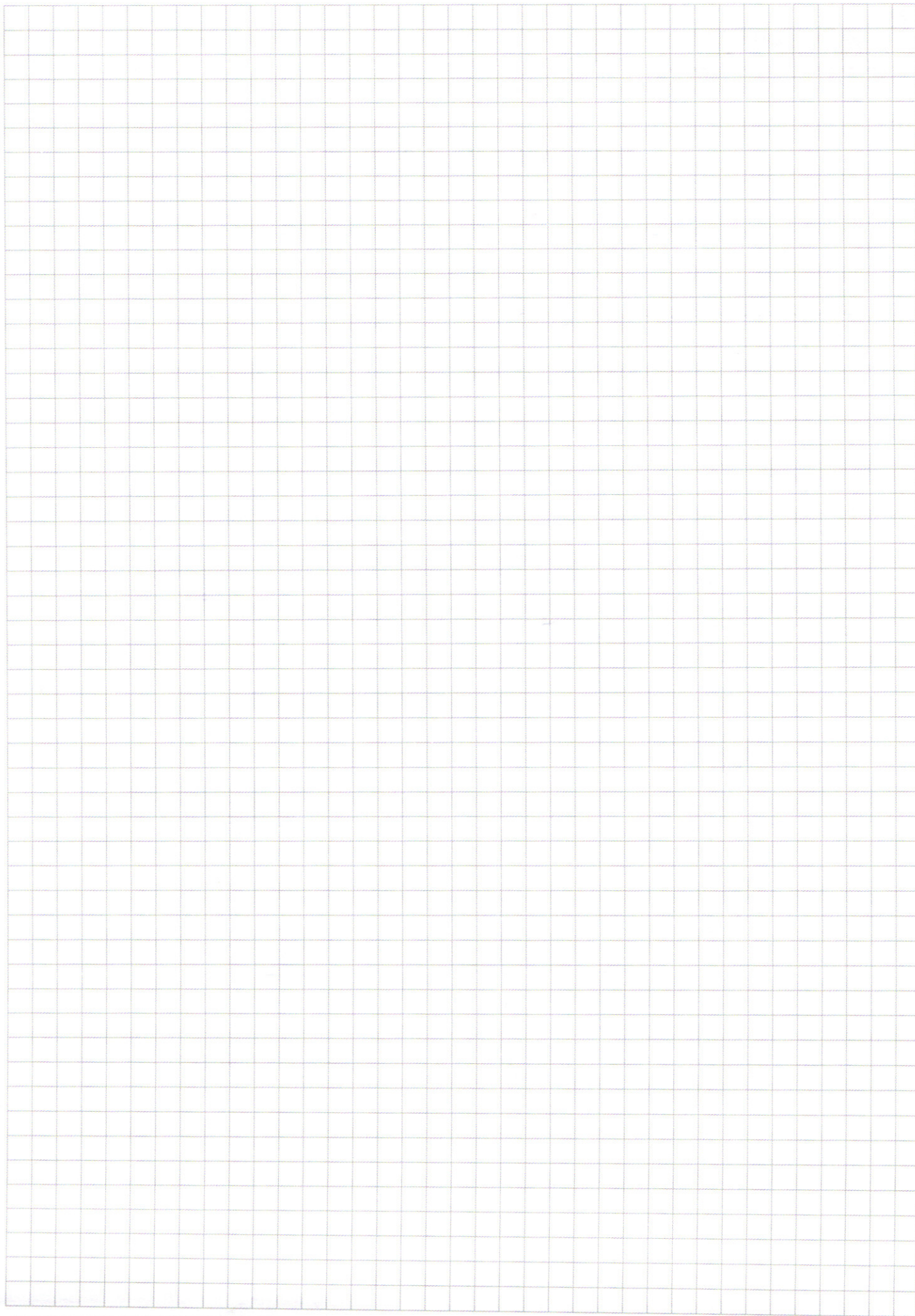
$$-dh = 2\sigma dt \quad dt = \frac{-dh}{2\sigma}$$

$$-L \frac{2\sigma dh}{dh} = g h \quad -2L \int_{h_2-h_1}^h \sigma dh = \int_{h_2-h_1}^h g h dh \Rightarrow -2L \frac{\sigma^2}{2} \Big|_{h_2-h_1}^h = g \frac{h^2}{2} \Big|_{h_2-h_1}$$

$$+2L \sigma^2 = g(h_2 - h_1)^2 - h^2 \quad \sigma = \sigma_{\max}, \text{ при } h = 0$$

$$\sigma_{\max} = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2L}} = \cancel{0.04} (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2\sqrt{2}(h_2 + h_1)}}$$

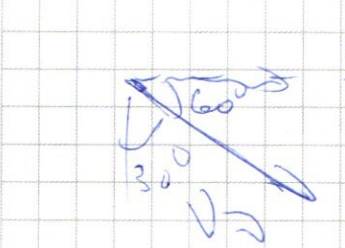
$$= 0.04 \sqrt{\frac{10}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot 0.2}} = 0.018 \text{ м/с} \quad \text{Ответ: } 2 \text{ м/с}; 18 \text{ см/с.}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



30°

$$J_0 \frac{\sqrt{3}}{2} = q + \dots$$

$$t = \frac{2.5 J_0 \sqrt{3}}{2g} = \frac{1.74 \cdot 2}{5} = \dots$$

Handwritten multiplication and division problems:

$$\begin{array}{r} 1.73 \times 1.73 \\ \hline 2.989 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.74 \times 1.74 \\ \hline 3.018 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.76 \times 1.76 \\ \hline 3.098 \end{array}$$

$$2.5 J_0 - \frac{\sqrt{3}}{2} J_0 = q + \dots$$

$$t = \frac{4.8}{5} \left(2.5 - \frac{1.74}{2} \right) = \dots$$

More handwritten calculations:

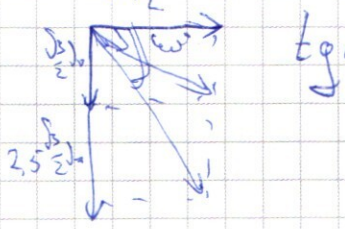
$$\begin{array}{r} 1.73 \times 1.73 \\ \hline 2.989 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.74 \times 1.74 \\ \hline 3.018 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.75 \times 1.75 \\ \hline 3.063 \end{array}$$

$$2.5 J_0 \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} J_0 = q + \dots$$

$$t = \frac{1.5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 8^2}{\dots} = \dots$$



$$t q d s \dots$$

$$2 T_0 = 0 \text{ joules}$$

Handwritten multiplication and division problems:

$$\begin{array}{r} 1.41 \times 1.41 \\ \hline 1.988 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.41 \times 1.41 \\ \hline 1.988 \end{array}$$

$$b m a = F - \dots$$

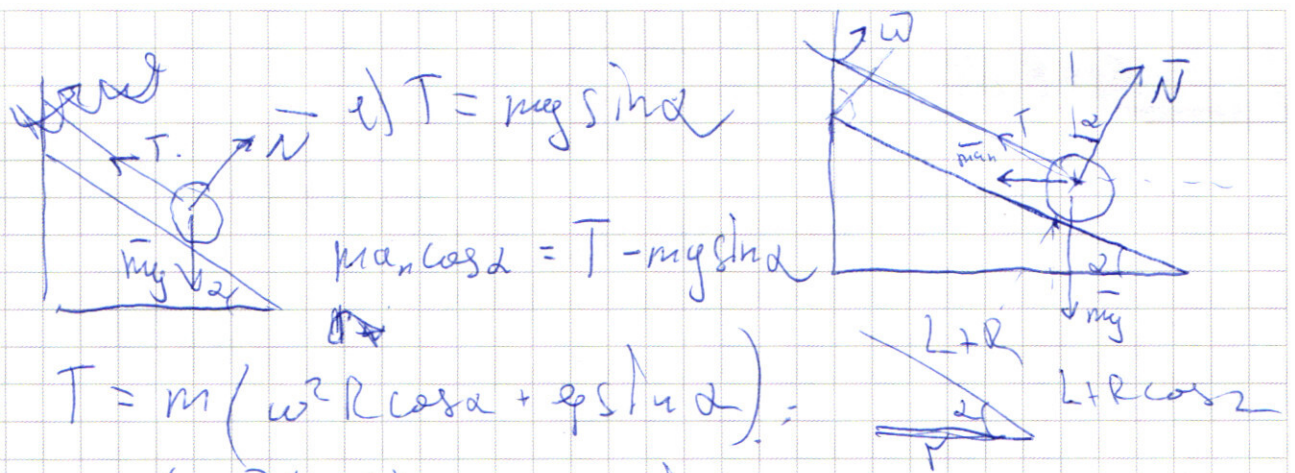
$$s = \frac{a t^2}{2} = \dots$$

Handwritten multiplication and division problems:

$$\begin{array}{r} 1.41 \times 1.41 \\ \hline 1.988 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.41 \times 1.41 \\ \hline 1.988 \end{array}$$

$$v = \sqrt{2 s (F_{cm} - \mu g)}$$



$ma_n = T \cos \alpha - N \sin \alpha = T \cos \alpha - mg \cos \alpha$

$T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$ $N = \frac{mg}{\cos \alpha} - T \cot \alpha$

$ma_n = T \cos \alpha - mg \cos \alpha + T \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}$

$m(a_n + g \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}) = T \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \right)$

$\rho = \frac{\mu}{R T}$ $\rho = \frac{\mu \rho}{R T} = \frac{0,018 \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,51 \cdot (95 + 273)}$

0,5

h₁

h₂

0,5

8,31

2,97

2,77

1,7

0,1531530

10000

34

1082,8

368

1164124

1550

170

17000

0,93

1082,8

436

346,8

1164124

1550

170

17000

0,93

1082,8

436

346,8

1164124

1550

170

17000

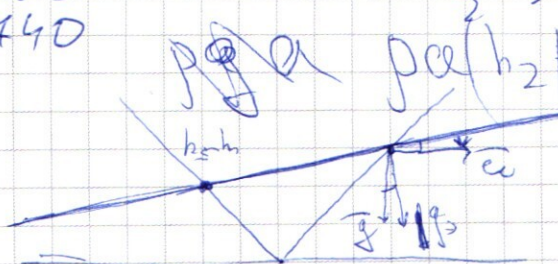
0,93

1082,8

436

346,8

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V_2 = \frac{V_0}{8}$
 $\frac{P V_0}{V_0 + V_0} = \frac{P V_0}{2 V_0}$ $\gamma \gamma_n = \gamma_n + \gamma_b$ $\frac{P_h}{P_b} = n$
 $\gamma m_h = m_h + m_b$ $+ 107.5$
 $\gamma n V_h = n V_n + V_b$ $\times 2.99657$
 $V_n n (\gamma + 1) = V_b$ $\frac{V_n}{V_b} = \frac{1}{n(\gamma + 1)} = \frac{1}{2.9 \cdot 3.7} = \frac{1}{10.73}$
 $100.000 - 100000 = 9652$ 107.5
 16.12375 2930 32.3 107.3 107.3
 92.5 2146 $\times 92.5$
 536.5 2940 3219 107.5
 2.146 368 2146 536.5 686
 9657 8.31 9657 18.185
 992325 368 1530
 3219 990379 2944 37
 9657 2.9 368 18.5
 99789 7449 3058.1
 565 1662 183486 1529.05
 235 18095 183486
 305808 183486
 $3058.1 \cdot x = 1530$
 $\times 185$ $\times 185$ 185
 16.85 925 740
 925 925
 1017.3
 925 740
 999.0
 $1000 = x \cdot \frac{1}{2} \cdot 3.7$

 $\gamma_2 = \frac{h_2 \cdot h_1}{h_2 + h_1} = \frac{0.4}{2} = \frac{1}{5}$

Страница №
(Нумеровать только чистовики)