

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 10

Вариант 10-01

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?

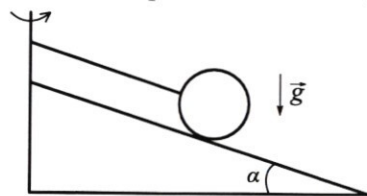
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

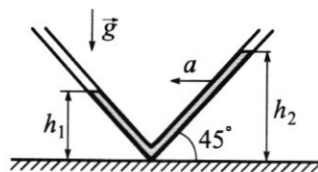


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленах трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.



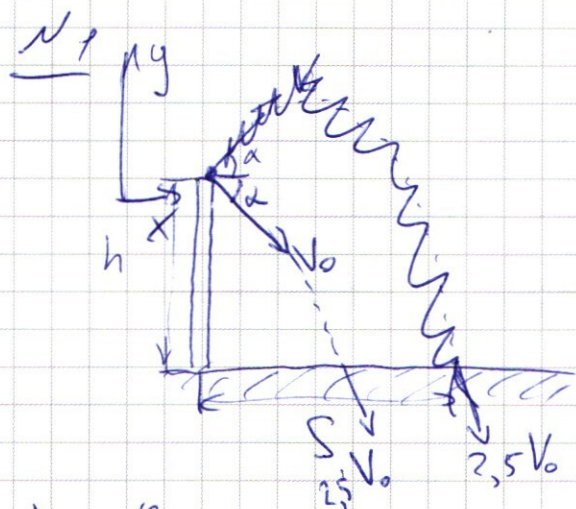
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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



h - высота вышки

S - горизонтальное расстояние камня

t - время полета

камень бросают вверх, т.е. по усл. он всегда приближается к земле. Если бы его бросили вверх, он сначала бы удалялся от земли

По закону сохранения энергии:

$$2gh + \frac{1}{2}V_0^2 = \frac{1}{2}(2.5V_0)^2$$

$$2gh + V_0^2 = 6.25V_0^2$$

$$h = \frac{5.25V_0^2}{2g} = \frac{5.25 \cdot 64}{20} = 16.8 \text{ м}$$

1) так как горизонтальная компонента скорости не меняется за время полета:

$$(V_0 \cos \alpha)^2 + V_{\text{верт}}^2 = (2.5V_0)^2$$

$V_{\text{верт}}$ - вертикальная компонента скорости в конце полета

$$V_{\text{верт}}^2 + \frac{1}{4}V_0^2 = 6.25V_0^2$$

$$V_{\text{верт}}^2 = 6V_0^2$$

$$V_{\text{верт}} = V_0 \cdot \sqrt{6} \approx 8 \cdot 2.45 \approx 19.6 \text{ м/с}$$

2) время полета найти, решив уравнение $V_{\text{верт}} = gt + V_0 \sin \alpha$

$$V_{\text{верт}} = gt + V_0 \sin \alpha$$

$$gt = \cancel{V_0 \sin \alpha} \quad \sqrt{6} V_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 = V_0 \sqrt{3} \left(\sqrt{2} \cdot \frac{1}{2} \right)$$

$$t = \frac{\sqrt{3} V_0 \left(\sqrt{2} \cdot \frac{1}{2} \right)}{g} \approx \frac{1,7 V_0 \left(1,4 \cdot \frac{1}{2} \right)}{10} \approx -$$

$$\approx \frac{0,9 \cdot 1,7 \cdot 10^3}{10 \cdot 5} = \cancel{2,58 \text{ сек}} 1,224 \text{ с}$$

3) Из уравнения движения камня по оси x:

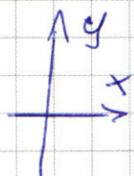
$$S = V_0 \cos \alpha t = 4 \cdot 1,224 \text{ с} = \cancel{10,888 \text{ м}} 4,896$$

Ответ: 1) $V_{\text{верт.}} = 19,5 \text{ м/с}$

2) $t = \cancel{2,58 \text{ сек}} 1,224 \text{ с}$

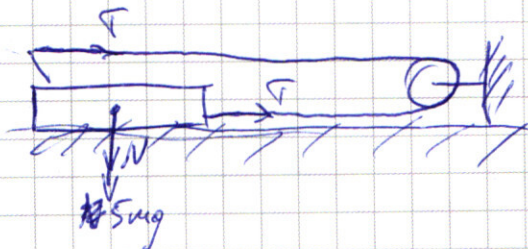
3) $S = \cancel{10,888 \text{ м}} 4,896 \text{ м}$

②



Человек ускорится по оси x, в
двух $\Rightarrow$ ~~не~~ сила трения
между полом и колесиками
беспокоится

Так как человек не ускорится по ~~вертикальной~~
по оси y по ~~вертикальной~~ движению
по оси y на человека действуют
только две силы: mg и N , которые равны,
т.к. человек не ускорится по оси y $\Rightarrow$
по ~~вертикальной~~ со стороны человека действует
такая же сила N по 3-му закону Ньютона:



$N = mg$, т.к. колесики
не вылезет на N , они перпендикуля-
рен ей α , соответственно
силы со стороны колес дейст-
вуют только по оси x

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

тогда суммарная сила действия груза на
чел: $N + 5 \text{ мдн} = 6 \text{ мдн}$

$F_0 = T$ по условию, т.к. человек с этой
силой натягивает канат

теперь применим второй закон Ньютона для груза
с человеком:

$$2T - 6 \text{ мдн} = ma$$

~~для~~ ~~на~~ ~~при~~ ~~условии~~ ~~минимальности~~ F_0 :

$$2T = 6 \text{ мдн}$$

$$2F_0 = 6 \text{ мдн}$$

$$F_0 = 3 \text{ мдн}$$

~~на грузу~~ ~~со стороны~~ ~~человека~~:

$$2FS = A$$

$$F_1 = F_2 = F$$

$$F_1 = F_2 = F_2 = 6 \text{ мдн} + \frac{mv^2}{2}$$

~~на~~ ~~второму~~ ~~закону~~ ~~Ньютона~~:

$$2F - 6 \text{ мдн} = ma$$

на уравнение пути для груза с человеком:

$$S = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a}$$

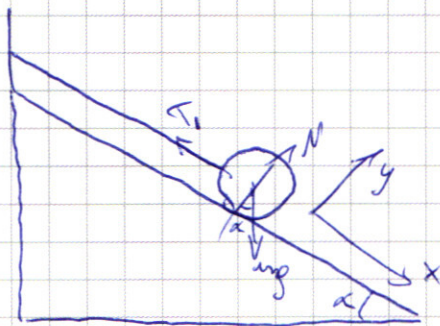
$$a = \frac{2T}{6m} = \frac{F}{3m}$$

$$S = \frac{v_1^2}{\frac{2F}{3m}} = \frac{3m v_1^2}{2F}$$

$$v_1^2 = \sqrt{\frac{2FS}{3m}}$$

- Ответ:
- 1) $6mg$
 - 2) $3mg$
 - 3) $\sqrt{\frac{2FS}{3m}}$

3

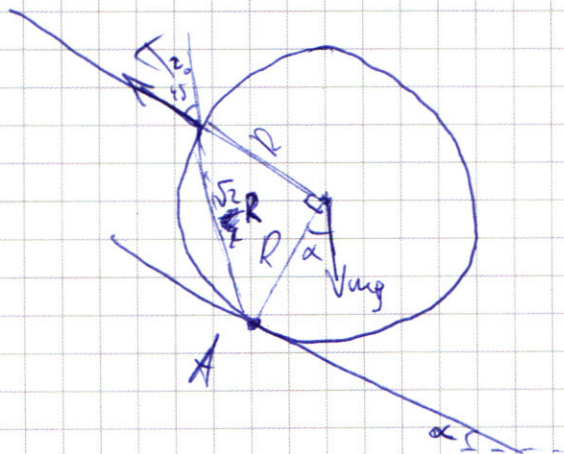


$$mg \cos \alpha = N$$

$$mg \sin \alpha = T, \text{ где}$$

~~где T - это сила тяжести, действующая на шар.~~

Теперь рассмотрим систему шар + кар + блок:



кар представляет из себя большой рычаг с точкой опоры A.

теперь запишем условия равновесия такого рычага с помощью моментов сил

$$T_2 \sin 45^\circ \cdot \sqrt{2}R = mg \sin \alpha \cdot R$$

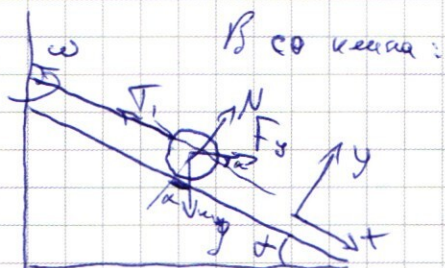
$$T_2 \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}{2} = mg \sin \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

тогда истинная сила натяжения нити:

$$T = T_1 + T_2 = \cancel{mg \sin \alpha} 2mg \sin \alpha$$

Теперь рассмотрим систему вращающуюся:

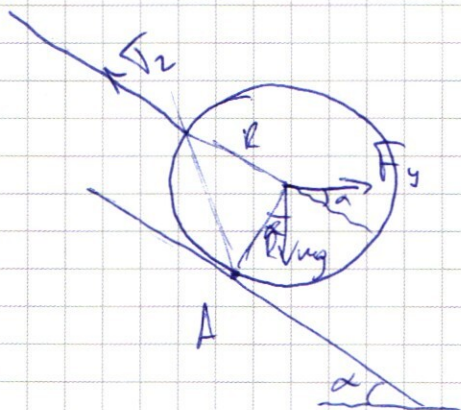


где F_y - центробежная сила
тогда

$$T_1 = mg \sin \alpha + F_y \cos \alpha$$

$$F_y = m L \omega^2 \cos \alpha$$

$$T_1 = mg \sin \alpha + m L \omega^2 \cos^2 \alpha$$



по условию равновесия рычага:

$$T_2 \sin 45^\circ \cdot \sqrt{2} R = R (mg \sin \alpha + F_y \cos \alpha)$$

$$T_2 = mg \sin \alpha + m L \omega^2 \cos^2 \alpha$$

тогда истинная сила натяжения нити:

$$T = 2mg \sin \alpha + 2m L \omega^2 \cos^2 \alpha = \cancel{2mg \sin \alpha} + 2m (g \sin \alpha + L \omega^2 \cos^2 \alpha)$$

Ответ: 1) $2mg \sin \alpha$

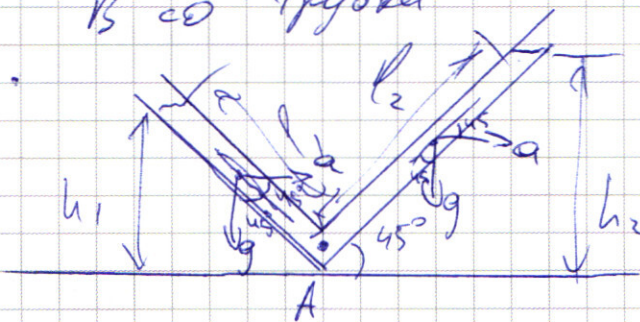
2) $2m (g \sin \alpha + L \omega^2 \cos^2 \alpha)$

④ по аналогии с $P = \rho g h$, где ρ — плотность, h — высота столба, g — ускорение свободного падения, но здесь жидкость

$P = \rho a l$, где a — ускорение, l — длина столба жидкости при условии, что $\vec{a}$

$\vec{a}$ совпадает со столбом жидкости, ρ — плотность

Мы можем записать уравнение для давления или так, что все что по окружности эквивалентности действующих сил — это и горизонтальные и вертикальные силы подействуют в со трубки



запишем уравнение равенства давлений в точке A:

$$P_1 = (g \sin 45^\circ + a \sin 45^\circ) \rho l_1 = \sin 45^\circ (g + a) \rho l_1, \quad z$$

$$l_1 = \frac{h_1}{\sin 45^\circ}$$

$$P_1 = (g + a) \rho h_1$$

$$P_2 = (g - a) \rho h_2$$

$$P_1 = P_2$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\rho h_1 + \rho h_1 = \rho h_2 - \rho h_2$$

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

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

2. Если трубка станет вертикально двигаться равномерно,

то равнодействующая сила, компенсирующая ускорение

a в со трубки исчезнет, как и само

ускорение, не значит единственная сила,

действующая на трубку — сила притяжения Земли

~~максимальной скорости вода достигнет в~~

в трубке начнутся колебания жидкости

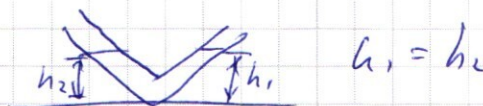
«туда-сюда» из ~~одного~~ одного конца в другое.

следовательно максимальной скорости жидкость

достигнет в точке устойчивого равновесия, то есть

в момент, когда оба столба жидкости окажутся

равной высоты:

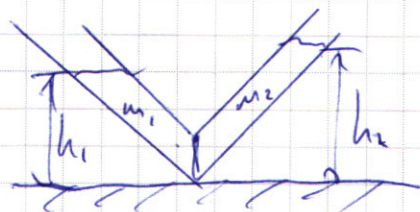


теперь применим закон сохранения энергии

для ~~каждого~~ ~~конца~~ системы, в начальном

момент ~~времени~~ и в состоянии равновесия:

$t=0$



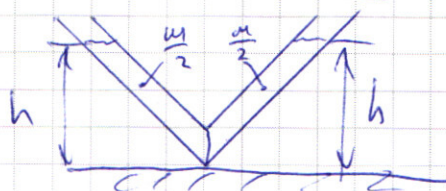
$$m_1 \frac{h_1}{2} g + m_2 \frac{h_2}{2} g = F_1$$

$$m_1 = m \frac{h_1}{2h}$$

$$m_2 = \frac{m h_2}{2h}$$

$$F_1 = \frac{m g}{2h} \left(\frac{h_1^2}{2} + \frac{h_2^2}{2} \right) = \frac{m g}{4h} (h_1^2 + h_2^2)$$

точка равновесия:



m - вся масса воды в трубке

$$F_2 = \frac{m}{2} \frac{h}{2} g + \frac{m}{2} \frac{h}{2} g + \frac{m}{2} \frac{v^2}{2} + \frac{m}{2} \frac{v^2}{2} = \frac{m g h}{2} + \frac{m v^2}{2}$$

$h + h = h_1 + h_2$, т.к. вода не выливается
закон сохранения массы
и условие постоянства
плотности

$$F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{m g}{4h} (h_1^2 + h_2^2) = \frac{m g h}{2} + \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{(h_1^2 + h_2^2) g}{2h} - g h = v^2$$

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

$$v = \sqrt{g \frac{(h_1^2 + h_2^2)}{h_1 + h_2} - g \frac{h_1 + h_2}{2}} = \sqrt{g \frac{0,0064 + 0,0144}{0,2} - g \cdot 0,1} =$$

$$= \sqrt{10 \left(\frac{0,0208}{2} - 0,1 \right)} = \sqrt{10 (0,0104 - 0,1)} = \sqrt{0,04} =$$

0,2 м/с

Ответ: 1) 2 м/с²

2) 0,2 м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤ $pV = \frac{m}{\mu} RT \quad /: V$

$\rho = \frac{\rho_n RT}{\mu}$ ρ_n - плотность пара

$\rho_n = \frac{p\mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot (273 + 95)} =$

$= \frac{85 \cdot 189}{8,31 \cdot 368} = \frac{765}{152904} \approx \frac{1}{2} \text{ кг/м}^3$

$\rho_{\text{воды}} = 1000 \text{ кг/м}^3 \Rightarrow$

$\frac{\rho_n}{\rho} = \frac{1}{2000} = 5 \cdot 10^{-5}$

запишем уравнение состояния для I и II:

$p_1 V_1 = \nu_1 RT_1$

$p_2 V_2 = \nu_2 RT_2$

, но т.к. пар насыщен: $p_1 = p_2 = p$

$p V_1 = \nu_1 RT$

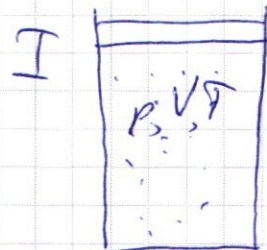
$p V_2 = \nu_2 RT$

$\gamma = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{m_1}{m_2}$, где m_1 и m_2 - массы пара в I и II соответственно

$m_2 = m_1 - \Delta m$, Δm - масса сконденсировавшейся воды

~~или~~ $m_2 = m_1 \gamma - \Delta m$

или $\Delta m = m_2 (\gamma - 1)$



$V' = \frac{V}{4,7}$

V_8 - объем воды в состоянии II

V_n - объем газа в состоянии II

$$V_8 = \frac{\Delta m_8}{\rho_8}$$

$$V_n = \frac{m_2}{\rho_n}$$

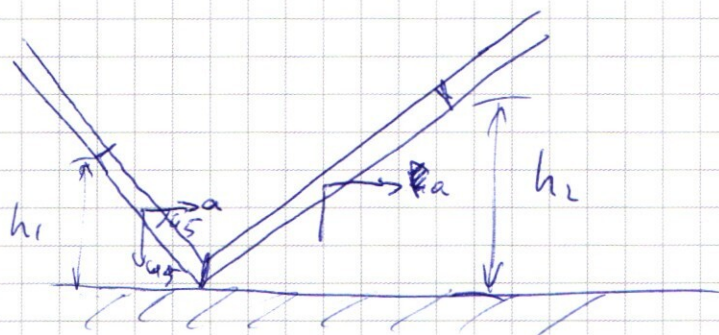
$$\frac{V_n}{V_8} = \frac{m_2}{\Delta m} \cdot \frac{\rho_8}{\rho_n} = \frac{m_2}{m_2(\gamma-1)} \cdot 2000 =$$

$$= \frac{1}{3,2} \cdot 2000 = 540,54$$

Ответ: 1) $\frac{1}{2000} = 5 \cdot 10^{-5}$

2) 540,54

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} h_1$$

$$P = \rho g h_1 + \rho a h_1$$

$$g \sin 45 + a \sin 45$$

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

$$g + a = g - a$$

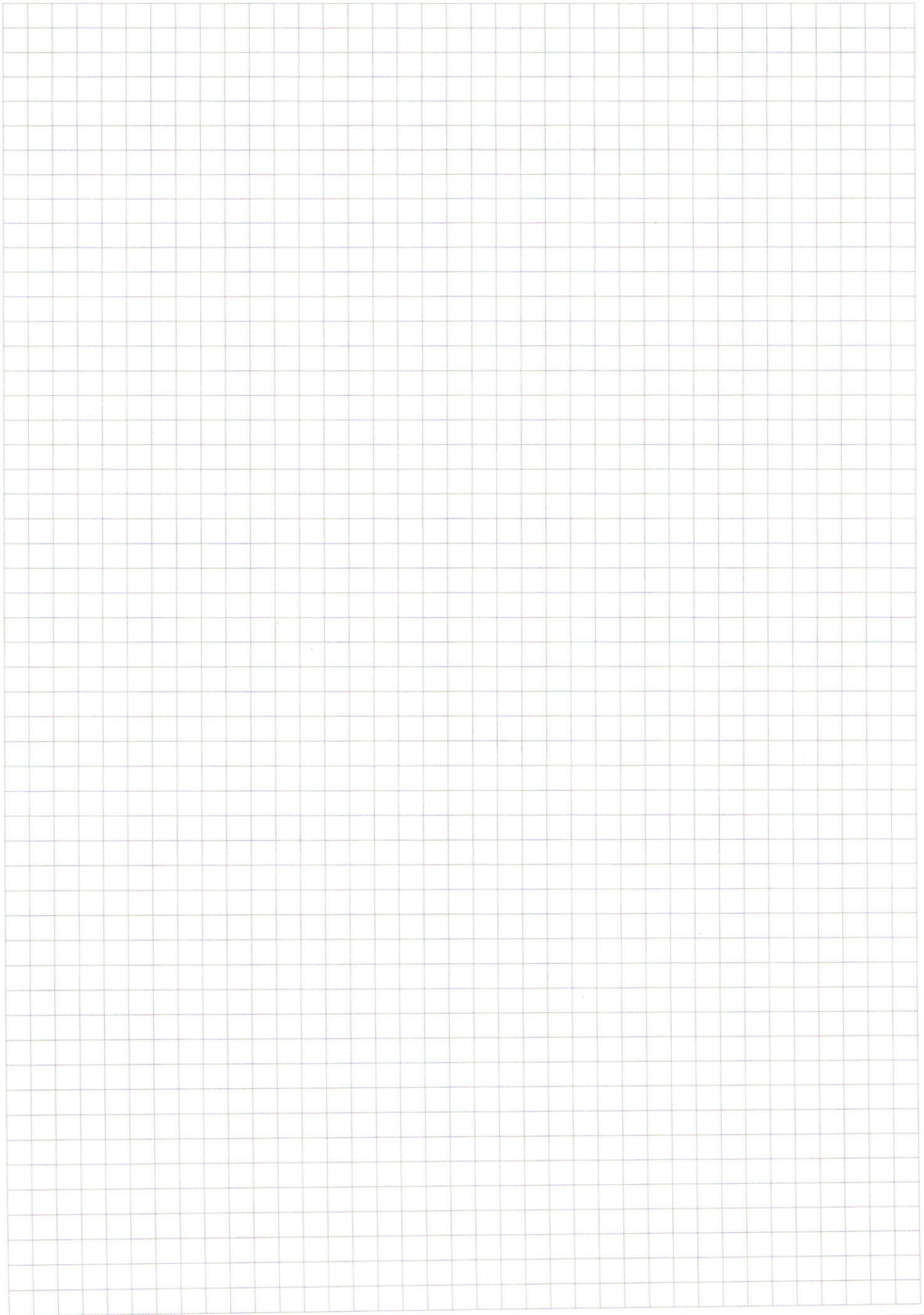
$$2g = 2a$$

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

$$g h_1 + a h_1 = g h_2 - a h_2$$

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

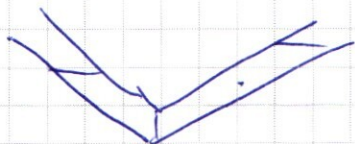
$$a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_1 + h_2}$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

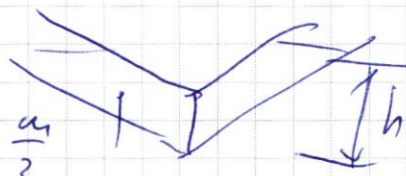
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m_1 \frac{h_1}{2} g + m_2 \frac{h_2}{2} g$$

$$m_1 = m - \frac{h_1}{2h}$$



$$2 \left(\frac{m}{2} \frac{h}{2} g \right) + \frac{m v^2}{2} + \frac{m v^2}{2}$$

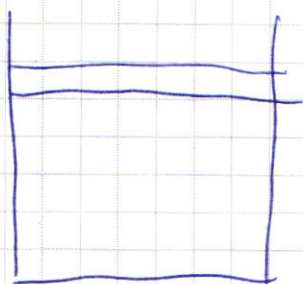
$$\frac{m_1 h_1^2}{2 h} g + \frac{m_2 h_2^2}{2 h} g = m \frac{h}{2} g + \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{h_1^2}{2h} g + \frac{h_2^2}{2h} g = h g + v^2$$

$$\begin{array}{r} 0,08 \\ 0,0064 \\ \hline 0,0208 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0,12 \\ 0,0144 \\ \hline 0,208 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,0208 \\ 0,2 \\ \hline 0,104 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0,208 \\ 2 \\ \hline 0,104 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0,144 \\ 0,064 \\ \hline 0,208 \end{array}$$

$$\frac{0,208}{2} = 0,104$$



$$pRT = pV$$

$$\frac{m}{\mu} RT = pV \quad / : V$$

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

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$p = \frac{pM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} =$$

$$9 \cdot 85 = 720 + 45 = 765$$

$$\begin{array}{r} 520 \\ 552 \\ \hline 1472 \end{array}$$

$$\sqrt{20^2 + 8^2} =$$

$$\sqrt{464}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ + 1184 \\ \hline 184 \\ + 184 \\ \hline 5520 \\ + 147200 \\ \hline 1529,04 \end{array}$$

$$1529$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ + 831 \\ \hline 1015 \\ + 13324 \\ \hline 66480 \\ + 83100 \\ \hline 1529,04 \end{array}$$

$$\frac{5}{10000}$$

$$\begin{array}{r} 765 \\ + 2 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$5 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{1529,04}{5}$$

$$196$$

$$\begin{array}{r} \omega r = 25 \\ \omega^2 = \frac{25^2}{r^2} = \frac{20000}{137} = 145,98 \\ \omega^2 r = 145,98 \cdot 137 = 20000 \end{array}$$

$$37 \cdot 5 = 185 + 185 = 370$$

$$37 \cdot 4 = 148 + 148 = 296$$

$$\begin{array}{r} 20 \\ - 200 \\ \hline 185 \\ - 150 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$2,5 \cdot 8 = 20$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ + 17 \\ \hline 53 \\ + 252 \\ \hline 305 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 72 \\ \hline 320 \\ + 504 \\ \hline 1224 \end{array}$$

$$16 + 400 = 416$$

$$\sqrt{400 - 16} =$$

$$\begin{array}{l} 0,8 \cdot 0,9 = 0,72 \\ 0,72 \cdot 1,7 = 1,224 \end{array}$$

$$0,9 \cdot 1,7 \cdot 4 = 6,12$$

$$0,612$$

$$\begin{array}{r} 1,224 \\ \times 4 \\ \hline 4,896 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and a diagram on grid paper.

Diagram: A projectile launched at an angle α with initial velocity V_0 . The horizontal displacement is S , and the vertical displacement is h . The velocity vector at the end is V at an angle α to the horizontal.

Calculations:

Vertical displacement h from the diagram: $h = 3,23 \times \frac{8}{29} = 8,864$

Horizontal displacement S from the diagram: $S = 3,23 \times \frac{8}{29} = 8,864$

Energy conservation: $2gh + V^2 = 6,25 V^2$

$2gh = 5,25 V^2$

$h = \frac{5,25 V^2}{2g}$

Horizontal velocity: $V_0 \cos \alpha = \frac{1}{2} V_0$

$(\cos \alpha V_0)^2 + V_{\text{верт}}^2 = 6,25 V_0^2$

$\frac{1}{4} V_0^2 + V_{\text{верт}}^2 = 6,25 V_0^2$

$V_{\text{верт}}^2 = 5,75 V_0^2$

$V_{\text{верт}} = V_0 \sqrt{5,75} = 8 \cdot 2,45 = 19,6 \text{ м/с}$

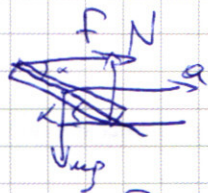
$V_{\text{верт}} = gt - V_0$

$19,6 = 10t - 8$

$27,6 = 10t$

$t = 2,76 \text{ с}$

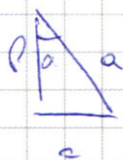
$S = V_0 \cos \alpha t = 4 \cdot 2,76 = 11,04 \text{ м}$



$$F \sin \alpha = N \cos \alpha$$

$$F \sin \alpha = mg \cos \alpha$$

6m



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

$$a \cdot \sin \alpha = c$$

$$v_k = at + v_0$$

$$v_0 t + \frac{v_0 t}{2}$$

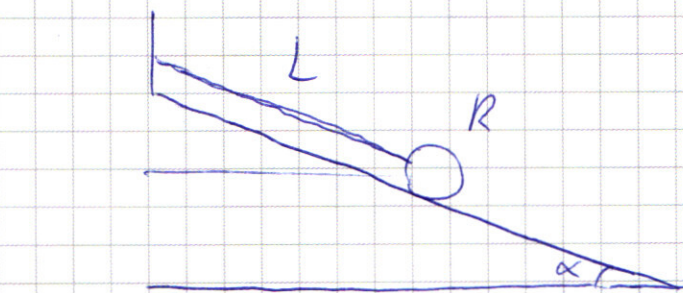
$$\frac{v_1^2 - v_0^2}{a} = t$$

$$\frac{v_1}{a} = t + \dots$$

$$at + v_0 = v_1$$

$$S = \frac{v_0 v_1}{a} + \frac{v_1^2}{2a}$$

$$S = \frac{(v_1 - v_0)v_0}{a} + \frac{a(v_1 - v_0)^2}{2a} = \frac{(v_1 - v_0)(2v_0 + v_1)}{2a} = \frac{v_1^2 + v_0^2}{2a}$$

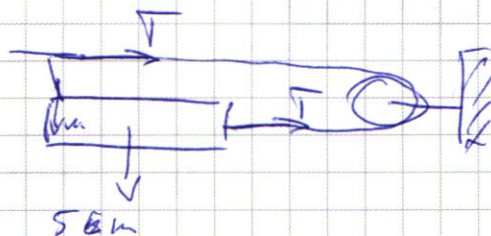


$\omega^2 R$

$$mg \cos \alpha = N$$

$$mg \sin \alpha = T$$

$$m L \cos \alpha \omega^2$$



$$m_1 \frac{h_1}{2} g + m_2 \frac{h_2}{2} g =$$

$$2T = 6mg\mu$$

$$T = 3mg\mu = \frac{m^2}{4} \left(\frac{h}{2} g \right) + \frac{mv^2}{2}$$

