

Олимпиада «Физтех» по физике, I

Класс 10

Вариант 10-01

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

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?

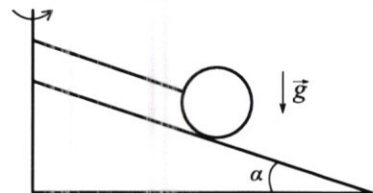
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

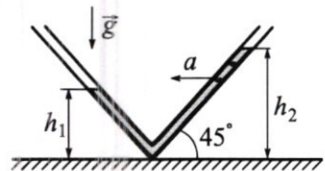


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.

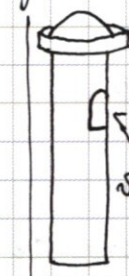
Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1

1) т.к. во время всего полёта камень приближался к земле, то можно сказать, что камень бросили вниз под углом α

Угол α



2) найдем высоту башни

$$\text{из з.с.э. } mgh + mv_0^2 = m(2,5v_0)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \frac{(2,5^2 - 1)v_0^2}{2g}$$

3) найдем вертикальную компонент скорости

в момент падения на землю. т.к. никаких сил, действующих вдоль оси x нет, то горизонтальная компонента постоянна и равна $v_0 \cos \alpha \Rightarrow (v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha)^2 = v_0^2$

и также $(2,5v_0)^2 = (v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha)^2$ обозначим $v_0 \sin \alpha$ как v_{0y} , а $v_0 \cos \alpha$ как $v_{0x} \Rightarrow (2,5v_0)^2 - v_0^2 = v_{0y}^2 - v_{0x}^2 \Rightarrow$

$$v_{0y} = \sqrt{(2,5v_0)^2 - v_0^2 + v_0^2 \sin^2 \alpha} = \sqrt{6,25v_0^2 - v_0^2 + 0,75v_0^2} = \sqrt{6}v_0$$

4) теперь, зная высоту башни и верт. компоненту скорости в момент падения найдем время падения:

$$v_{0y}t + \frac{gt^2}{2} = H \text{ или } v_{0y} + gt = v_{1y} \Rightarrow$$

$$t = \frac{v_{1y} - v_{0y}}{g} = \frac{\sqrt{6}v_0 - \frac{\sqrt{3}}{2}v_0}{g} = \frac{(2\sqrt{6} - \sqrt{3})v_0}{2g} = \frac{(2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \cdot 8}{2 \cdot 10}$$

5) горизонтальное смещение равно: $S = v_0 \cos \alpha t = 8 \cdot \frac{1}{2} t$

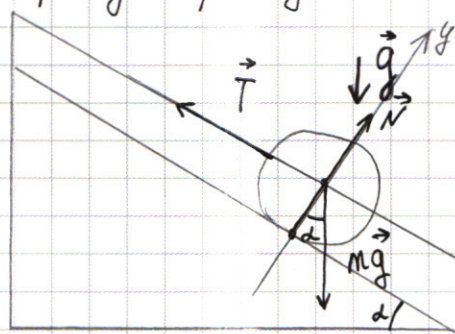
$$v_{1y} = 2,43 \cdot 8 \approx 19,44 \text{ м/с} \quad t = \frac{(4,86 - 1,7) \cdot 0,8}{2} = \frac{2,528}{2} = 1,264 \text{ с} = 1,264 \text{ с}$$

$$S = 4 \cdot 1,264 = 5,056 \text{ м}$$

ответы:

N3

1) нарисуем рисунок и укажем все силы на нем.

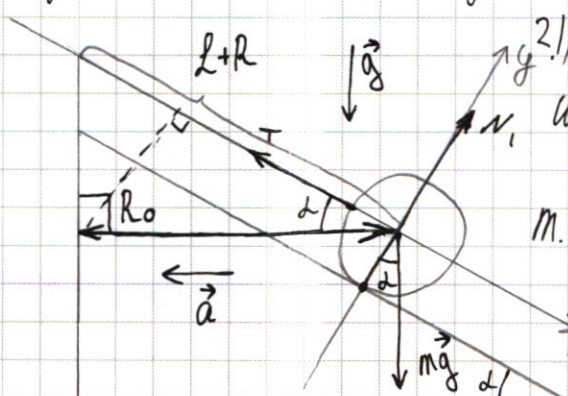


Шар нилуда не катится, поэтому мы в праве написать следующие уравнения на оси

$$\begin{cases} OY: mg \cos \alpha = N \text{ отсюда, мы} \\ OX: mg \sin \alpha = T \text{ сразу получаем} \end{cases}$$

ответ, что $T = mg \sin \alpha$

2) нарисуем рисунок и укажем все силы на нем в том случае, если шар крутится со скоростью ω



2) найдем по какому радиусу вращается шар $R_0 = (L+R) \cos \alpha$

$$m \cdot R \cdot \alpha = \frac{v^2}{R_0} = \omega^2 R_0 \text{ мы можем записать}$$

уравнения на ось x:

$$OX: +mg \sin \alpha - T' = -ma \cdot \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T' = mg \sin \alpha + ma \cdot \cos \alpha = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha$$

Ответ: $T = mg \sin \alpha$; $T' = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha$

N5

1) Из уравнения состояния $PV = \nu RT \Rightarrow PV = \frac{m}{\mu} RT$

$$\Rightarrow P = \frac{m RT}{V \mu} \Rightarrow P = \frac{\rho_n RT}{\mu} \Rightarrow \rho_n = \frac{P \mu}{RT}$$

1.2) отношение ρ_n к ρ_0 равно $\rho = \frac{P \mu}{RT \rho_0} = \frac{\rho_n}{\rho_0}$

2) Из уравнения состояния $PV = \nu RT$; $P \frac{V}{\sigma} = \frac{\nu}{\sigma} RT \Rightarrow$

$$PV = \frac{m}{\mu} RT; P \frac{V}{\sigma} = \frac{m}{\sigma \mu} RT$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Rightarrow$ Объем сконденсировавшейся воды равен:

$$m_b = m - \frac{m}{\sigma} \Rightarrow V_b = \frac{(m - \frac{m}{\sigma})}{\rho_b}; \text{ объем пара же равен } V_n = \frac{m}{\sigma \rho_n}.$$

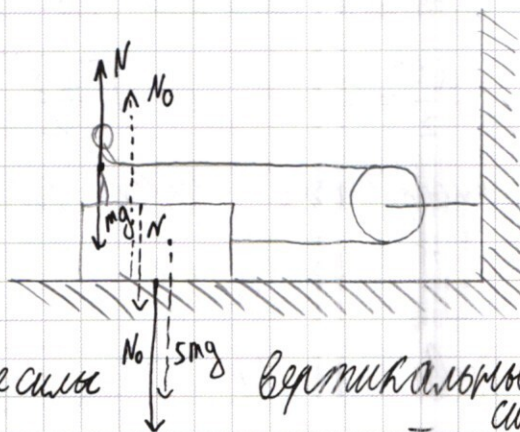
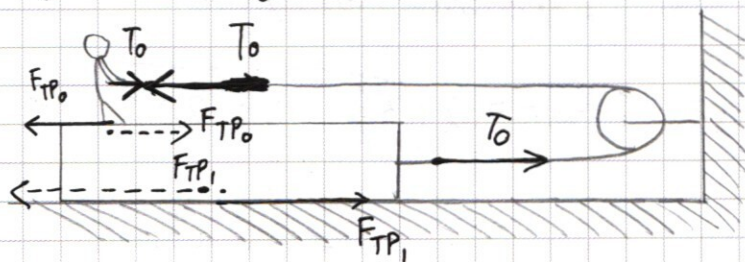
$$\rho_n \text{ мы знаем выше } \Rightarrow \frac{V_n}{V_b} = \frac{\frac{m}{\sigma \rho_n}}{\frac{(m - \frac{m}{\sigma})}{\rho_b}} = \frac{\rho_b}{\sigma \rho_n (1 - \frac{1}{\sigma})} = \frac{\rho_b RT}{\sigma (1 - \frac{1}{\sigma}) p \mu}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{\rho_b RT}{(p - 1) p \mu}; f = \frac{p \mu}{RT \rho_b} \quad f \approx \frac{1}{42.22} \approx \frac{1}{924} \quad \frac{V_n}{V_b} \approx \frac{9240}{37}$$

Ответ: $f \approx \frac{1}{924} \quad \frac{V_n}{V_b} \approx \frac{9240}{37}$

N2

1) нарисуем человека и эльфа, расставим силы (это в случае, когда эльф движется).



на рисунке указаны горизонтальные силы вертикальные силы
когда эльф движется он давит на пол с силой
полной реакции опоры, которая в свою очередь состоит
из сил трения и силы нормальной реакции опоры

$$F_{тр1} = N_0 \mu = (5m + m)g \mu = 6mg \mu; N_0 = (5m + m)g = 6mg$$

$$\Rightarrow Q = \sqrt{N_0^2 + F_{тр1}^2} = \sqrt{36m^2g^2 + 36m^2g^2\mu^2} = 6mg\sqrt{1 + \mu^2}$$

это полная сила реакции опоры

нормальная сила реакции равна $N_0 = 6 \text{ мг}$.

2) чтобы ящик ехал суммарная сила толкающая брусок вправо должна быть F_{TP} ,

2,1) т.к человек относительно ящика неподвижен едет

$$F_{TP_0} = T_0 = F_0$$

$$2,2) \Rightarrow 2F_0 = F_{TP} \text{ (из рисунка)} \Rightarrow F_0 = \frac{6 \text{ мг} \mu}{2} = 3 \text{ мг} \mu,$$

если прикладывать силу меньше, то ящик никогда не сдвинется

3) т.к человек едет не отрываясь от ящика его ускорение должно быть равно ускорению ящика

$$\Rightarrow \begin{cases} F - F_{TP_0} = ma \\ F + F_{TP_0} = F_{TP} = 5ma \end{cases} \Rightarrow 2F - F_{TP} = 6ma \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{2F - F_{TP}}{6m} = \frac{2F - 6 \text{ мг} \mu}{6m} = \frac{F}{3m} - g \mu;$$

в этом случае мы можем записать, что

$$\frac{at^2}{2} = S \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} \Rightarrow \text{скорость, которую}$$

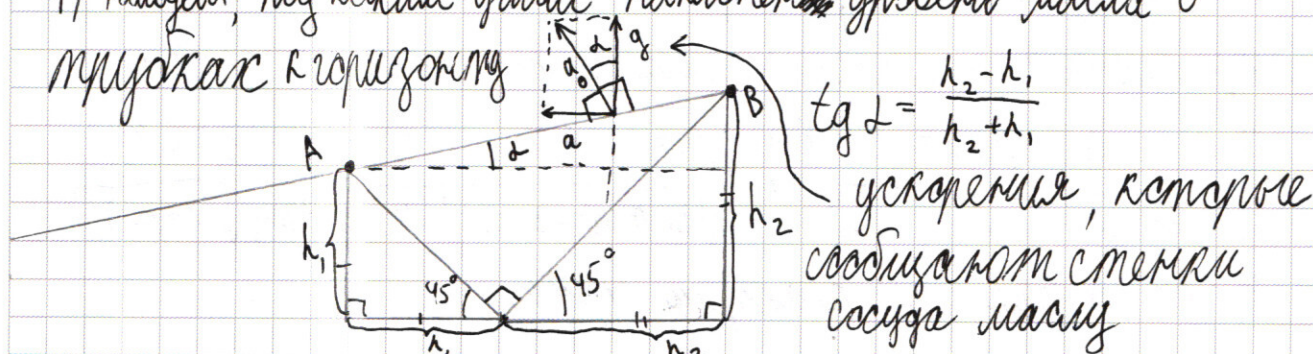
$$\text{приобретет ящик равна: } v = at = a \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{2Sa}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - g \mu \right)}$$

$$\text{Ответы: } Q = 6 \text{ мг} \sqrt{1 + \mu^2}; F_0 = 3 \text{ мг} \mu; v = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - g \mu \right)}$$

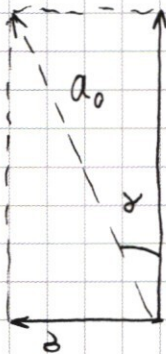
№ 4

1) найдем, под какими углами наклонены уровни масла в трубах к горизонту



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

рассмотрим треугольник ускорений подробно, воспользуемся тем, что $a_0 \perp AB$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g} \Rightarrow \frac{a}{g} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \Rightarrow a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$a = 10 \cdot \frac{12 - 8}{12 + 8} = \frac{40}{20} = 2 \text{ м/с}^2$$

2) самая большая скорость перетекания будет тогда, когда уровни масла в сосудах сравняются.

1) средняя сила, которая заставила перетекать масло равна $\frac{1}{2} \rho (h_2 - h_1) g$

→ это масса воды в наклонной трубке между высотами h_2 и h_1 масса жидкости, которую движат равна $2 \rho h_1 \Rightarrow$ среднее ускорение с которым будет двигаться масло равно

$$a = \frac{\frac{1}{2} \rho (h_2 - h_1) g}{2 \rho h_1} = \frac{(h_2 - h_1) g}{4}$$

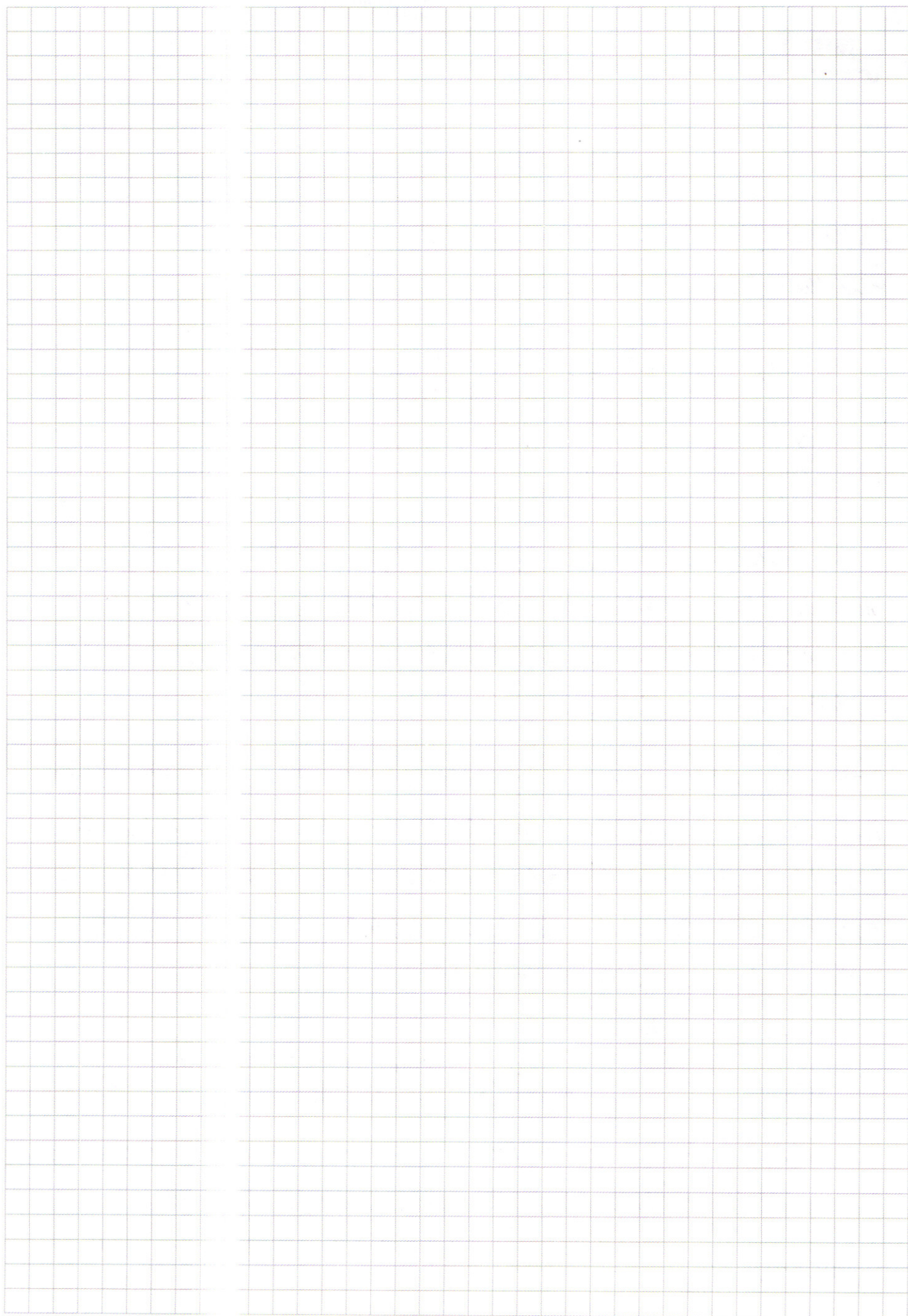
$$v_{\max} = 6,28 \text{ см/с}$$

$$v_{\max} = \sqrt{2 a S} = \sqrt{\frac{(h_2 - h_1) g}{4} \cdot \frac{h_2 - h_1}{2}} = \frac{1}{2} \sqrt{(h_2 - h_1)^2 g} = \frac{h_2 - h_1}{2} \sqrt{g}$$

где $S = \frac{h_2 - h_1}{2}$ — расстояние на которое должна спуститься жидкость чтобы скорость была максимальной

$$\text{Ответ: } v_{\max} = \frac{0,04}{2} \cdot 3,14 \approx \frac{4 \cdot 3,14}{200} = \frac{2 \cdot 3,14}{100} \approx \frac{6,28}{100} \approx 0,0628 \text{ м/с}$$

$$a = 2 \text{ м/с}^2$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and a geometric diagram on grid paper.

Calculations:

- $2,5 \times 2,5 = 6,25$
- $5,25 - 0,75 = 4,5$
- $6 + \frac{1}{4} = 6,25$
- $8 = \frac{m}{s}$
- $v = \frac{m}{s}$
- $a = 2,5 \text{ м/с}^2$
- $1/1260 = \frac{\sqrt{3}}{2}$
- $4,86 - 1,7 = 3,16$
- $2,528 \div 2 = 1,264$
- $6,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = \frac{85 \cdot 18}{8310 \cdot 368} = \frac{170 \cdot 9}{3810 \cdot 368} = \frac{17 \cdot 9}{381 \cdot 368} = \frac{17 \cdot 3}{127 \cdot 368} = \frac{17}{42 \cdot 368}$
- $126 \div 3 = 42$
- $127 \div 3 = 42,33$
- $127 \approx 16$
- $127 \div 2 = 63,5$
- $127 \div 17 = 7,47$
- $127 \div 21 = 6,05$
- $127 \div 22 = 5,77$
- $127 \div 34 = 3,73$
- $127 \div 37 = 3,43$
- $127 \div 38 = 3,34$
- $127 \div 39 = 3,26$
- $127 \div 40 = 3,17$
- $127 \div 41 = 3,10$
- $127 \div 42 = 3,02$
- $127 \div 43 = 2,95$
- $127 \div 44 = 2,89$
- $127 \div 45 = 2,82$
- $127 \div 46 = 2,76$
- $127 \div 47 = 2,70$
- $127 \div 48 = 2,65$
- $127 \div 49 = 2,59$
- $127 \div 50 = 2,54$
- $127 \div 51 = 2,49$
- $127 \div 52 = 2,44$
- $127 \div 53 = 2,39$
- $127 \div 54 = 2,35$
- $127 \div 55 = 2,31$
- $127 \div 56 = 2,27$
- $127 \div 57 = 2,23$
- $127 \div 58 = 2,19$
- $127 \div 59 = 2,15$
- $127 \div 60 = 2,12$
- $127 \div 61 = 2,08$
- $127 \div 62 = 2,05$
- $127 \div 63 = 2,02$
- $127 \div 64 = 1,98$
- $127 \div 65 = 1,95$
- $127 \div 66 = 1,92$
- $127 \div 67 = 1,89$
- $127 \div 68 = 1,86$
- $127 \div 69 = 1,83$
- $127 \div 70 = 1,80$
- $127 \div 71 = 1,77$
- $127 \div 72 = 1,75$
- $127 \div 73 = 1,72$
- $127 \div 74 = 1,69$
- $127 \div 75 = 1,67$
- $127 \div 76 = 1,64$
- $127 \div 77 = 1,62$
- $127 \div 78 = 1,59$
- $127 \div 79 = 1,57$
- $127 \div 80 = 1,55$
- $127 \div 81 = 1,54$
- $127 \div 82 = 1,52$
- $127 \div 83 = 1,50$
- $127 \div 84 = 1,48$
- $127 \div 85 = 1,46$
- $127 \div 86 = 1,44$
- $127 \div 87 = 1,42$
- $127 \div 88 = 1,40$
- $127 \div 89 = 1,38$
- $127 \div 90 = 1,37$
- $127 \div 91 = 1,35$
- $127 \div 92 = 1,33$
- $127 \div 93 = 1,31$
- $127 \div 94 = 1,29$
- $127 \div 95 = 1,27$
- $127 \div 96 = 1,25$
- $127 \div 97 = 1,23$
- $127 \div 98 = 1,21$
- $127 \div 99 = 1,19$
- $127 \div 100 = 1,17$

Geometric Diagram:

$$\frac{1000 \cdot 8,31 \cdot 368}{3,7 \cdot 10^4 \cdot 8,5 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} = \frac{8310 \cdot 368}{3,7 \cdot 85 \cdot 18} = \frac{924}{3,7} =$$

$$\begin{array}{r} 9240 \overline{) 37} \\ 74 \\ 1 \end{array}$$



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)

