

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 10-01

Класс 10

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

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?

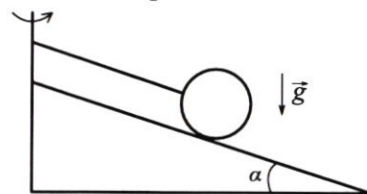
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

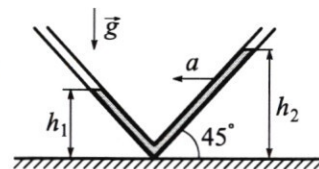


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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

№ 1

Дано:

$$V_0 = 8 \frac{м}{с}$$

$$\angle \alpha = 60^\circ$$

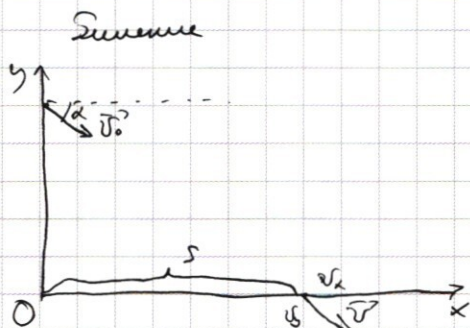
$$V = 2,5 V_0$$

Найти:

$$V_y - ?$$

$$t - ?$$

$$S - ?$$



t - время полёта

V - конечная скорость камня
 $V = 2,5 V_0$

V_x, V_y - горизонтальная и вертикальная проекции конечной скорости камня.

S - горизонтальное смещение камня за время полёта

Запишем уравнения изменения скорости камня

$$\begin{cases} V_x = V_0 \cos \alpha \\ V_y = -V_0 \sin \alpha - g t \\ V_x^2 + V_y^2 = V^2 \end{cases} \Rightarrow V_0^2 \cos^2 \alpha + (-V_0 \sin \alpha - g t)^2 = 6,25 V_0^2 \Rightarrow$$

$$V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha + 2 g t V_0 \sin \alpha + g^2 t^2 - 6,25 V_0^2 = 0$$

$$g^2 t^2 + 2 g t V_0 \sin \alpha - 5,25 V_0^2 = 0$$

Решаем уравнение относительно t

$$D = 4 g^2 V_0^2 \sin^2 \alpha + 21 V_0^2 g^2 = V_0^2 g^2 (4 \sin^2 \alpha + 21)$$

$$t_1 = \frac{-2 g V_0 \sin \alpha + V_0 g \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21}}{2 g^2} = \frac{V_0}{2 g} (\sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21} - 2 \sin \alpha) = t$$

$$t_2 < 0$$

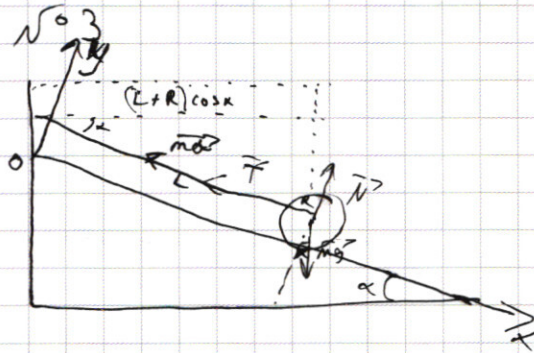
$$V_y = -V_0 \sin \alpha - g t = -V_0 \sin \alpha - \frac{V_0 (\sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21} - 2 \sin \alpha)}{2} = -\frac{V_0}{2} \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21}$$

Запишем уравнение изменения координаты по Ox

$$\begin{aligned} S &= 0 + V_0 \cos \alpha t = V_0 \cos \alpha t = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{V_0 (\sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21} - 2 \sin \alpha)}{2 g} = \\ &= \frac{V_0^2 \cos \alpha}{2 g} (\sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21} - 2 \sin \alpha) \end{aligned}$$

$$\text{Омбем: } V_3 = - \frac{V_0 \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21}}{2} = - \frac{2\sqrt{6} \mu}{5} ; t = \frac{V_0}{2g} (\sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21} - 2 \sin \alpha) = \frac{2}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \mu$$

$$S = \frac{V_0^2 \cos \alpha}{2g} (\sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21} - 2 \sin \alpha) = \frac{8}{5} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) \mu$$



$$\vec{R} = m \vec{a} \text{ (по ОЗН)}$$

$$\text{Ох: } mg \sin \alpha - T = m \alpha$$

$$T = m(g \sin \alpha + \alpha)$$

$$\vec{T} \text{ (сис.-ая похонтя)}$$

$$\vec{R} = m \vec{a} \text{ (по ОЗН)}$$

$$\text{Ох: } T - mg \sin \alpha = 0$$

$$T = mg \sin \alpha$$

α - центрострем. ускорение

$$\alpha = \frac{v^2}{R} \quad \alpha = \frac{v^2}{r} = \frac{\omega^2 r^2}{r} = \omega^2 r$$

$$r = (L+R) \cos \alpha \quad l=7$$

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

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

$$\text{Омбем: } T = mg \sin \alpha ; \quad T = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L+R) \cos \alpha)$$

№ 5

Дано:

$T = 368 \text{ K}$

$P = 8,5 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$V_1 = 4,7 V_2$

$\rho_2 = 1,2 \text{ кг/м}^3$

$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

Найти:

$\frac{\rho_1}{\rho_2} - ?$

$\frac{V_2}{V_1} - ?$

Решение

V_1 - обьем пара в начале опыта

$V_2 = 4,7 V_1$

V_2 - обьем воды

$P V_1 = \frac{m}{\mu} R T$ - для начала опыта, m - масса пара

$P V_1 = \frac{\rho_1 \cdot V_1}{\mu} R T$

$\rho_1 = \frac{P \mu}{R T} = \frac{8500 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 18}{83,1 \cdot 368} \approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{0,5}{1000} = 5 \cdot 10^{-4} = 0,0005$

$P V_1 = \mu R T$

$V_1 = \frac{\mu R T}{P}$

$V_2 = \frac{V_1}{4,7} = \frac{\mu R T}{4,7 P}$

m - масса пара в начале
 m_2 - масса пара, конденсировавшегося в конце

$V_2 = \frac{m_2}{\rho_2} = \frac{m_2}{\rho_2}$

$m_2 = \rho_2 \cdot (V_1 - V_2) = \rho_2 \cdot \left(\frac{\mu R T}{P} - \frac{\mu R T}{4,7 P} \right) = \rho_2 \cdot \frac{3,7 \mu R T}{4,7 P}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_n = \frac{P_{\mu}}{RT} \Rightarrow m_n = \frac{P_{\mu}}{RT} \cdot \frac{3,7 \text{ JRT}}{4,7 R} = \frac{3,7 m}{4,7}$$

$$V_2 = \frac{JRT}{4,7 P} = \frac{m RT}{4,7 P_{\mu}}$$

$$\frac{V_2}{V_n} = \frac{\frac{m RT}{4,7 P_{\mu}}}{\frac{3,7 m}{4,7 P_n}} = \frac{RT \cdot P_n}{P_{\mu} \cdot 3,7} = \frac{8,31 \cdot 368 \cdot 1000}{85000 \cdot 0,018 \cdot 3,7} = \frac{83,1 \cdot 36,2}{85 \cdot 0,018 \cdot 3,7} = \frac{36,2}{0,0018 \cdot 57} = \frac{1}{0,0018} \approx 555$$

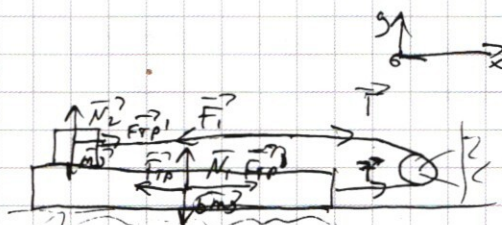
Ответ: $\frac{P_n}{P_0} = 0,0005$; $\frac{V_2}{V_0} \approx 555$

N° 2

$P = ?$

$F_i = ?$

$\alpha = ?$



T - сила натяжения
нити

F_i - сила с которой падает
человек

P - сила с которой человек с пола
давит на пол.

F_{tr}' - сила трения, возникающая
между человеком и полом

I $\vec{P} = \vec{N}_1 + \vec{N}_2$ (по III з.и.)

$R = m\vec{a}$ (по II з.и.)

$N_1 = 5mg$
 $N_2 = mg$ $\Rightarrow N_1 + N_2 = P = 6mg$

II $O_{x \text{ чел.}}: F_{tr}' - T = 0 \Rightarrow F_{tr}' = T$
 $T = F_i \Rightarrow F_{tr}' = F_i$

$O_{x \text{ ст.}}: F_i + F_{tr}' - F_{tr} = 0$
 $2F_i = F_{tr}$
 $F_i = 3mg$

$O_y \text{ ст.}: N_2 = 6mg \Rightarrow$
 $F_{tr} = \mu N = 6\mu mg$

III $O_{x \text{ ст.}}: 2F - F_{tr} = 6ma \Rightarrow \alpha = \frac{2F - 6\mu mg}{6m} = \frac{F - 3\mu mg}{m}$

$$S = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2Sa} = \sqrt{\frac{2S(F-3\mu mg)}{m}}$$

Ответ: $P = 6mg$; $F_1 = 3\mu mg$; $S \geq v = \sqrt{\frac{2S(F-3\mu mg)}{m}}$

№ 4

Дано:

$$\angle \alpha = 45^\circ$$

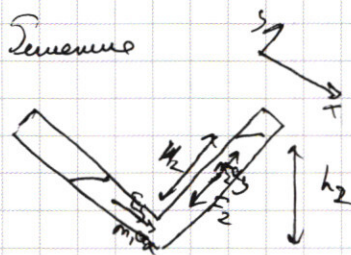
$$h_1 = 0,08 \text{ м}$$

$$h_2 = 0,12 \text{ м}$$

Найти:

$$\alpha - ?$$

$$v - ?$$



соединены в равновесии ($\Rightarrow$)

$$F_2 - m_2 a_x = F_1 + m_1 a_y$$

$$a \sin 45 = \frac{F_2 - F_1}{m_1 + m_2} = \frac{\rho_2 h_2 S - \rho_1 h_1 S}{\rho \cdot S (h_2 + h_1)} =$$

$$= \frac{g \left(\frac{h_2}{\sin 45} - \frac{h_1}{\sin 45} \right)}{\frac{h_2 + h_1}{\sin 45}} = \frac{g (h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} \Rightarrow \alpha = \frac{g (h_2 - h_1)}{\sin 45 (h_2 + h_1)} = \frac{10 \cdot 0,04}{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0,2} = 2\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

После установления ускорения между телами не будет переходов к состоянию равновесия с ускорением α , $S = \frac{(h_2 - h_1)}{\sin 45}$.

$$F_2 - F_1 = m \alpha,$$

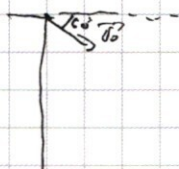
$$\alpha = \frac{\rho_2 h_2 S - \rho_1 h_1 S}{\rho \cdot S (h_2 + h_1)} = \frac{g (h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} = \frac{g (h_2 - h_1)}{h_2 + h_1}.$$

$$v = \sqrt{2Sa} = \sqrt{\frac{2 \cdot g (h_2 - h_1) \cdot (h_2 - h_1)}{(h_2 + h_1) \cdot 2 \cdot \sin 45}} = (h_2 - h_1) \cdot \sqrt{\frac{g}{(h_2 + h_1) \sin 45}} = 0,04 \cdot \sqrt{\frac{10}{0,2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}} = 0,04 \cdot \sqrt{50\sqrt{2}} \approx 0,32 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $\alpha = 2\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $v = 0,32 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

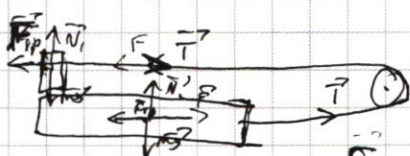
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



$\downarrow 2.5v_0$

№2

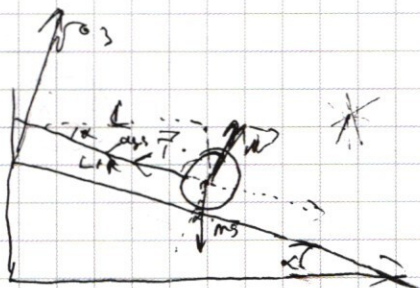


$$\vec{F} = \vec{P} = \vec{N} \quad (\text{по } \vec{B})$$

$$N = 8 \text{ мс}$$

$$T + F - F_{\text{грав}} = 0$$

$$T + F = G m g \mu$$



$$T - m g \sin \alpha = 0$$

I

$$T = m g \sin \alpha$$

II

$$m g \sin \alpha - T = m a_{\text{тс}}$$

$$T = m (g \sin \alpha - a_{\text{тс}})$$

$$= m (g \sin \alpha - \omega^2 R)$$

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

$$v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$0 = h - v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$v_y = -v_0 \sin \alpha - g t$$

$$S = v_0 \cos \alpha t$$

$$v_x^2 + v_y^2 = 6.25 v_0^2$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha + 2 v_0 \sin \alpha g t + g^2 t^2 = 6.25 v_0^2$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha + g t)^2 = 6.25 v_0^2$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha + 2 v_0 \sin \alpha g t + g^2 t^2 = 6.25 v_0^2$$

$$g^2 t^2 + 2 v_0 \sin \alpha g t - 5.25 v_0^2 = 0$$

$$D = 4 v_0^2 \sin^2 \alpha g^2 + 21 v_0^4 g^2 =$$

$$= 8 g^2 v_0^4 (4 \sin^2 \alpha + 21)$$

$$t = \frac{-2 v_0 \sin \alpha g + v_0 g \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21}}{2 g^2}$$

$$= \frac{v_0 \sin \alpha}{g} + \frac{v_0 \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21}}{2 g}$$

$$v = \omega r$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$v = 2 \pi r$$

$$\alpha = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{\omega^2 r^2}{r}$$

$$\omega^2 r$$

$$= \frac{v_0}{2 g} (-2 \sin \alpha + \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21})$$

$$v_y = -v_0 \sin \alpha - \frac{v_0 (-2 \sin \alpha + \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21})}{2}$$

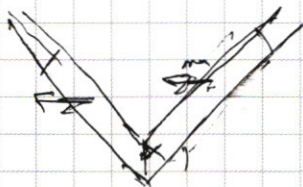
$$= \frac{v_0 (2 \sin \alpha + 2 \sin \alpha - \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21})}{2}$$

$$= \frac{v_0 \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21}}{2} - \frac{v_0 (2 \sin \alpha - \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21})}{2}$$

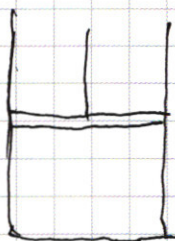
$$S = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 (-2 \sin \alpha + \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21})}{2 g}$$

$$= \frac{v_0^2 \cos \alpha}{2 g} (-2 \sin \alpha + \sqrt{4 \sin^2 \alpha + 21})$$

$$\frac{m}{c^2}$$



№5



$T = \text{const}$

$$P_n = \frac{m_n}{V_n}$$

$$PV = URT$$

$$\frac{V_1}{P_1} = \frac{RT}{P_1}$$

$$V_1 = \frac{URT}{P_1}$$

$$V_2 = \frac{URT}{P_2}$$

$$V_1 = 4,7 V_2$$

$$V_2 = \frac{V_1}{4,7}$$

$$\frac{16}{10} = \frac{8}{5}$$

$$P_2 V_2 = URT$$

$$V_2 =$$

24

$$4,8 - 1,8 > 1$$

$$\frac{8}{20} = \frac{2}{5} \sqrt{5} - \sqrt{5}$$

$$-4 \sqrt{4 \cdot \frac{3}{4} + 21} = 3 + 21$$

$$-4 \sqrt{24} = -8 \sqrt{6}$$

$$P_1 V_1 = \frac{m}{M} RT$$

$$P_1 V_1 = \frac{P_1 \cdot V_1}{RT}$$

$$P_n = \frac{P_1 \cdot M}{RT}$$

$$\frac{URT}{P_1} \cdot \frac{P_1 \cdot M}{RT} = M$$

$$m \leq m_n$$

$$m_n =$$

$$m - \frac{m}{4,7} = \frac{4,7m - m}{4,7}$$

$$\frac{3,7m}{4,7}$$

$$\frac{3,7 \cdot URT}{4,7 P_1}$$

$$\rho g \frac{h_2}{\sin \alpha} - m a = \frac{\rho g h_1}{\sin \alpha} S$$

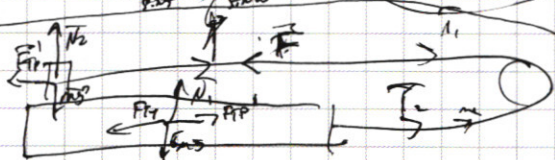
$$\rho g \frac{h_2}{\sin \alpha} - \rho S \left(\frac{h_1}{\sin \alpha} - \frac{h_2}{\sin \alpha} \right) a = \frac{\rho g h_1}{\sin \alpha} S$$

$$\frac{g h_2}{\sin \alpha} - \frac{h_2}{\sin \alpha}$$

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

$$\frac{h_2 - h_1}{2 \sin \alpha}$$

$$S = \frac{V_0}{2a} = \frac{2g(h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} \cdot \frac{(h_2 - h_1)}{2a}$$



$$N = 6 \text{ mN}$$

$$F_{tp}' = T$$

$$F_{tp}' = T$$

$$T = F$$

$$T = F + F_{tp}'$$

$$T + F_{tp}' - F_{tp} = 0$$

$$F + F_{tp}' + F_{tp}' - F_{tp} = 0$$

$$F = 6 \text{ mN} - 2 F_{tp}'$$

$$2F = F_{tp}$$

$$F = \frac{F_{tp}}{2} = 3 \text{ mN}$$

$$F_{tp}' = T_1$$

$$T_2 = T_1 + F = F_{tp}' + F$$

$$2F - F_{tp} = 5 \text{ mN}$$

$$\alpha = \frac{2F - 6 \text{ mN}}{5 \text{ mN}}$$

$$S = \frac{v^2}{2a} \quad v = \sqrt{2a S} = \sqrt{\frac{2g(2F - 6 \text{ mN})}{g \text{ mN}}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F_2 - m_2 a = F_1 + m_1 a$$

$$\alpha \sin 45^\circ = \frac{F_2 - F_1}{m_2 + m_1} = \frac{\rho g \frac{b}{\sin 45^\circ} \cdot S - \rho g \frac{h_1}{\sin 45^\circ} \cdot S}{\rho \cdot S (h_2 + h_1)} = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_2 + h_1}$$

$$\alpha = \frac{g(h_2 - h_1)}{5 \cdot \sin 45^\circ (h_2 + h_1)} = \frac{10 \cdot 0.04}{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0.2} = \frac{4}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2} = 2.828$$

$$\frac{25000 \cdot 0.018}{8.31 \cdot 368} =$$

$$\frac{85 \cdot 18}{83.1 \cdot 368} = 0.5 \frac{m}{s}$$

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{\frac{2g(h_2 - h_1)}{5 \cdot \sin 45^\circ} \cdot \frac{(h_2 + h_1)}{2 \cdot \sin 45^\circ}}$$

$$= \frac{(h_2 - h_1)}{5 \cdot \sin 45^\circ} \sqrt{\frac{g}{h_2 + h_1}} = \frac{0.04}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \sqrt{\frac{10}{0.2}} = 0.02 \cdot \sqrt{50} = 0.02 \cdot 5\sqrt{2} = 0.4 \frac{m}{s}$$

$$\frac{mRT}{4.7P_1 \mu} = \frac{RT \cdot P_1}{P_1 \mu \cdot 3.7} = \frac{8.31 \cdot 368 \cdot 1000}{85000 \cdot 0.018 \cdot 3.7} =$$

$$= \frac{8.31 \cdot 368 \cdot 1000}{85 \cdot 18 \cdot 3.7} = \frac{100000}{18 \cdot 37} = \frac{100000}{666} = 150$$

$$\frac{273}{368}$$

$$V_1 = \frac{JRT}{P_1}$$

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

$$V_2 = \frac{JRT}{4.7P_1} = \frac{mRT}{4.7P_1 \mu} \cdot \frac{V_2}{V_1} =$$

$$\frac{JRT}{4.7P_1 \cdot 3.7P_1 \mu}$$

$$m = \frac{P_1 \mu}{RT}$$

$$m_n = P_n \cdot (V_2 - V_1) = \frac{P_n \mu}{RT} \cdot \left(\frac{3.7JRT}{4.7P_1} \right) =$$

$$V_0 = \frac{m_n}{\rho_0} = \frac{m_n}{\rho_0} = \frac{3.7m}{4.7P_1 \mu}$$

$$\frac{JRT}{P_1} - \frac{JRT}{4.7P_1} = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot 50\sqrt{2}$$

$$F_2 - F_1 = m a$$



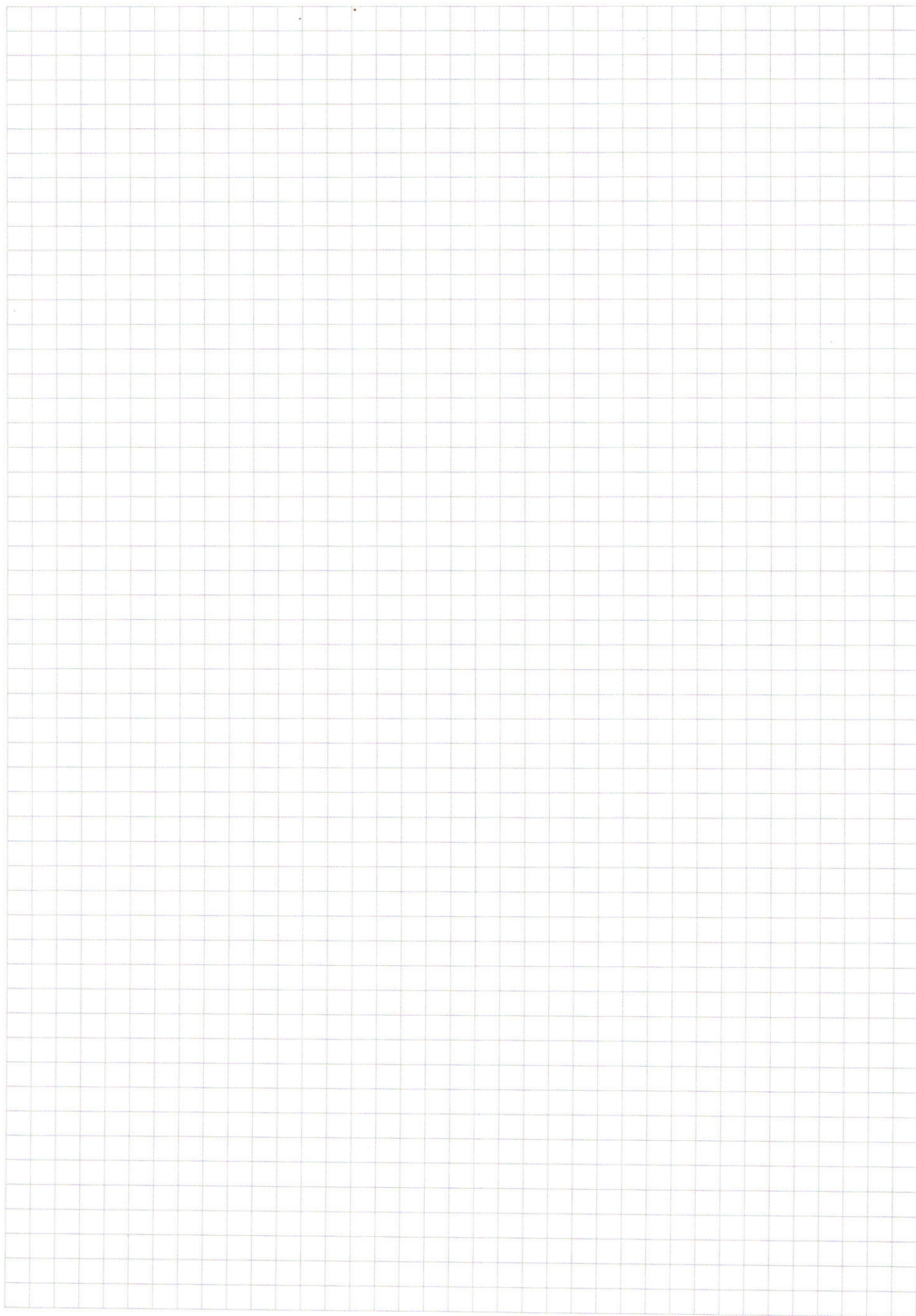
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)