

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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.

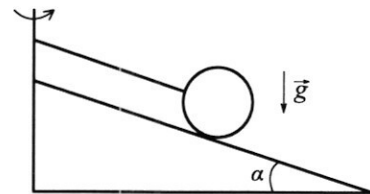
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

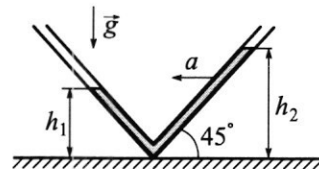
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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

№ 2

Дано:

$v_0 = 8 \text{ м/с}$

$\alpha = 60^\circ$

$v_k = 2,5 v_0 = 20 \text{ м/с}$

$v_{yk} - ?$

$t - ?$

$S_x - ?$

$v_k = v_0 \cos \alpha$

$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

$\vec{v}_k = \vec{v}_{yk} + \vec{v}_{xk}$ $v_k^2 = v_{yk}^2 + v_{xk}^2$

1) $v_{yk} = \sqrt{v_k^2 - v_{xk}^2}$ где $v_{xk} = v_{0x}$

$v_{yk} = \sqrt{v_k^2 - v_0^2 \sin^2 \alpha} = \sqrt{400 - 64 \cdot \frac{1}{4}} = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$

координата по Oy: $y_0 + v_{y0}t + \frac{a_y t^2}{2}$

где $y_0 = h$ $h = \frac{v_{ky}^2 - v_{0y}^2}{2g} = \frac{384 - 64 \cdot \frac{3}{4}}{20} = 16,8 \text{ м}$

2) Oy: $16,8 - 4\sqrt{3}t - 5t^2 = 0$ $t = \frac{4\sqrt{3} \pm 8\sqrt{6}}{-10} = 0,8\sqrt{6} - 0,4\sqrt{3} \text{ с}$

3) $S_x = v_x \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot (0,8\sqrt{6} - 0,4\sqrt{3}) = 3,2\sqrt{6} - 1,6\sqrt{3} \text{ м}$

Ответ: 1) $v_{yk} = \sqrt{384} \text{ м/с} = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$ 2) $t = 0,8\sqrt{6} - 0,4\sqrt{3} \text{ с}$

3) $S_x = 3,2\sqrt{6} - 1,6\sqrt{3} \text{ м}$

№ 2

Дано:

m

$M = 5m$

μ

$P_{об} - ?$

$F - ?$

3) $F^* - \text{дано}$

$v_k - ?$

1) т.к человек стоит на земле, то $P = m_{об} \cdot g = 6mg$ (где $m_{обчел} = m + 5m$)

2) т.к требуется min сила, то по II закону $2F - F_{тр} = 0$

Oy: $N_{об} - m_{об}g = 0$ $N_{об} = 6mg$

$F_{тр} = \mu N = \mu 6mg$

$2F - 6\mu mg = 0$ $F = 3\mu mg$

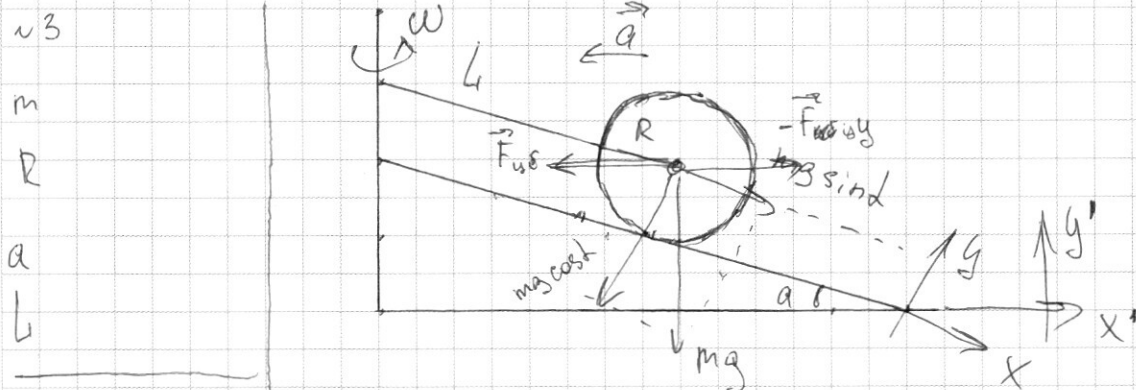
3) по II закону $2F^* - F_{тр} = m_{об}a$ $a = \frac{F^*}{3m} - \frac{\mu g}{2}$

по формуле $S = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2a}$

$\Rightarrow$

$$v_k = 0, \text{ тогда } v_k = \sqrt{S \cdot 2a} = \sqrt{S \cdot \left(\frac{2F'}{3m} - \mu g \right)}$$

• Ответ: 1) $P = 6mg$ 2) $F = 3\mu mg$ 3) $v_k = \sqrt{S \left(\frac{2F'}{3m} - \mu g \right)}$



T при $v=0$ - ?
 1) на Ox $T - mg \sin \alpha = 0$ $T = mg \sin \alpha$

2) $\omega - \text{задано}$
 T - ?
 2) $R_{\text{осн}} = (L + R) \cos \alpha$
 $a_{\text{ц}} = \omega^2 R = \omega^2 \frac{(L + R)}{\cos \alpha} \cdot \cos \alpha$

$$F_{us} = a_{\text{ц}} \cdot m = \frac{m \omega^2 (L + R) \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha} \quad \vec{F}_{us} = -\vec{F}_{usy}$$

на Ox ~~$T - F_{usy} + T \cdot \cos \alpha =$~~

на Ox : $T - \frac{F_{usy} \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha} - mg \sin \alpha = 0$

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

Ответ: 1) $T = mg \sin \alpha$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

$T = 35^\circ\text{C} = 308\text{ K}$

$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$

$\frac{P_{\text{пара}}}{P_{\text{возд}}} - ?$

$\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{возд}}} - ?$

1) $PV = \nu RT$ $P = \frac{\nu RT}{V}$

$\rho = \frac{PM}{RT}$ где $M = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

$\rho = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 308} \approx 0,5 \text{ кг/м}^3$

$\frac{P_{\text{пара}}}{P_{\text{возд}}} = \frac{0,5}{1000} = 0,0005$

Ответ: $\frac{P_{\text{пара}}}{P_{\text{возд}}} = 0,0005$

2) так процесс изотермический, то

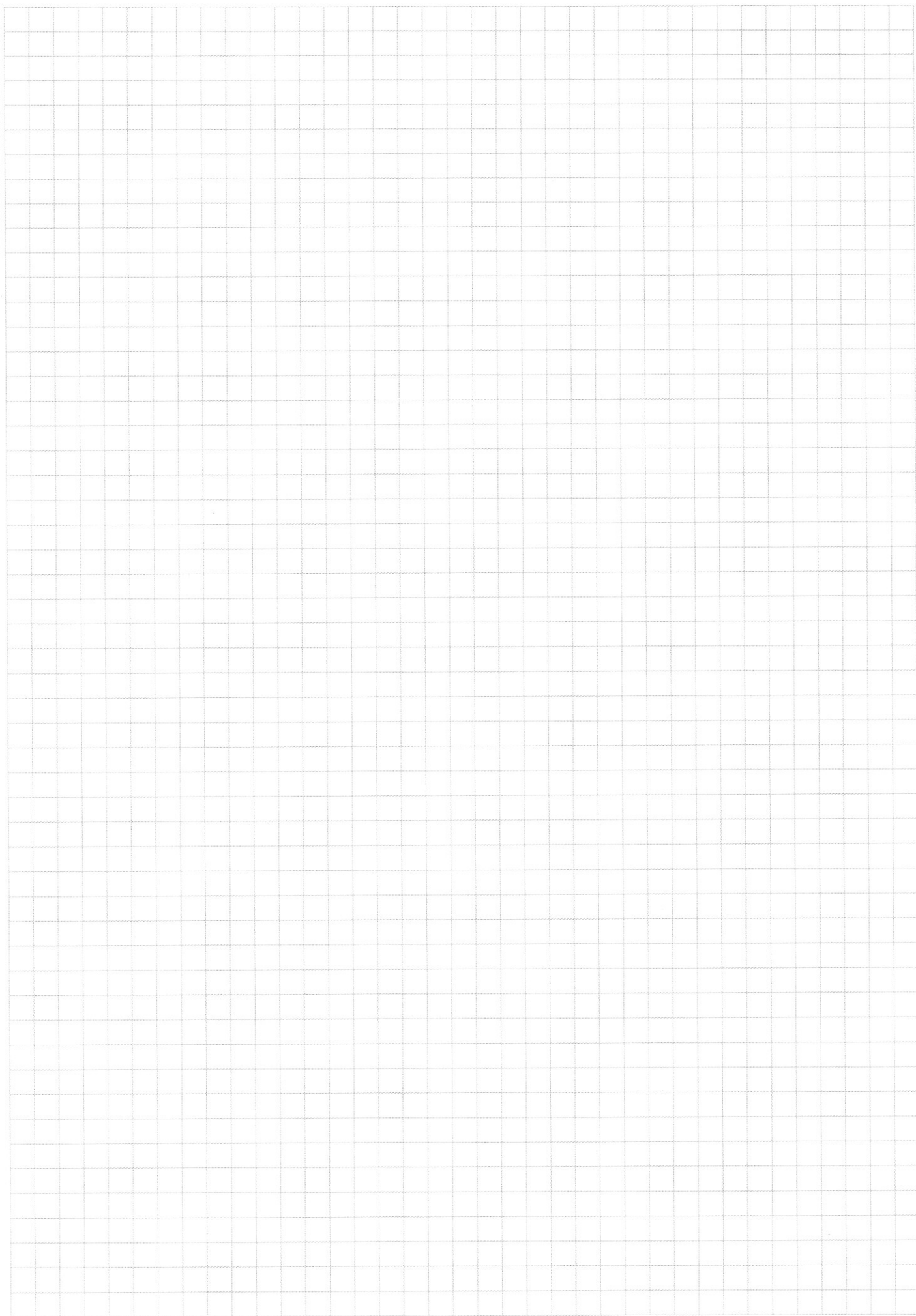
$m_{\text{пара}_1} = m_{\text{пара}_2} - m_{\text{возд}}$

$V = \frac{V}{4,7} = \frac{3,7V}{4,7}$ и объем воды при этом

$V_{\text{возд}} = \frac{3,7V}{4,7} \cdot 0,0005$

$\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{возд}}} = \frac{\frac{V}{4,7}}{\frac{3,7V}{4,7} \cdot 0,0005} = \frac{2000}{3,7} \approx 540,5$

Ответ: $\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{возд}}} = 540,5$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~1

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad h_m = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad S = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$v_0 = 8 \text{ м/с} \quad \alpha = 60^\circ$

$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha = 8 \cdot \frac{1}{2} = 4 \text{ м/с}$

$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha = 4\sqrt{3} \text{ м/с}$

$$2.5v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$20 = \sqrt{16 + v_y^2}$$

$$400 = 16 + v_y^2$$

$$v_y = \sqrt{384} = 8\sqrt{6}$$

$$v_{cp} = \frac{4\sqrt{3} + 8\sqrt{6}}{2} = 2\sqrt{3} + 4\sqrt{6}$$

$$S = \frac{v_x^2 - v_0^2}{2g} = \frac{16 - 64}{20} = -2.4 \text{ м}$$

$$t = t_1 + t_2 = \frac{2 \cdot 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} + \frac{16.8}{2\sqrt{3} + 4\sqrt{6}}$$

$$16.8 + 4\sqrt{3}t - 5t^2 = 0 \quad D = 48 + 336 = 384 \quad t = \frac{-4\sqrt{3} + 8\sqrt{6}}{10}$$

$$S_x = v_x \cdot t = 4 \cdot (-0.4\sqrt{3} + 0.8\sqrt{6}) = -1.6\sqrt{3} + 3.2\sqrt{6}$$

~2

на шток действует сила $= 3F$

$F_T = 5m + m = 6m$

$F_{TP} = \mu N = \mu 6mg$

① $3F - 6mg = 0 \quad F = 2\mu mg$

② $3F - 6mg = 6ma \quad a = \frac{F}{3m} - g$

$S = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a} \quad v_0 = 0 \quad v_k = \sqrt{S \cdot 2a} = \sqrt{S \cdot (2F - 12\mu mg)}$

II закон $F - F_{TP} = ma$

исп F дано $F_{TP} = 3\mu mg$

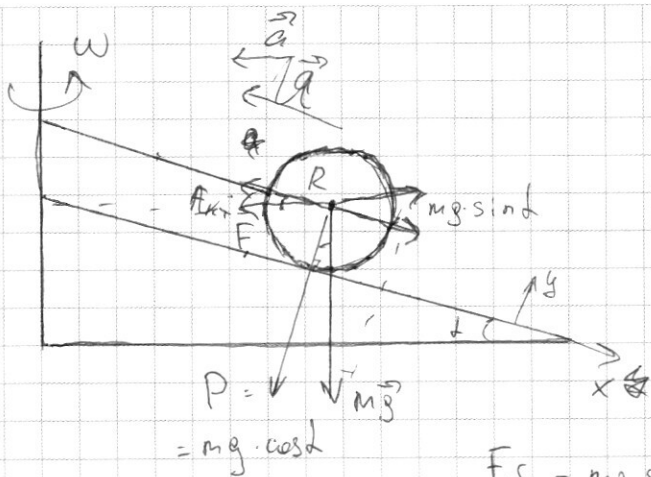
23

m

R

L

L



$$T = [mg \cdot \sin \alpha]$$

$$R_0 = R + L$$

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

$$a = \omega^2 \cdot (R + L)$$

$$F_{\text{ос}} - mg \sin \alpha = ma$$

$$\text{иге } T = R_{\text{ос}} F_{\text{ос}} + mg \sin \alpha$$

$$F_{\text{ос}} = m\omega^2(R+L) + mg \sin \alpha$$

(x3)

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

$$O_x: F_{\text{ос}} / \cos \alpha \quad (\text{на } T) + mg \sin \alpha$$

$$\text{иге } F_{\text{ос}} = ma + mg \sin \alpha$$

$$T = \left[\frac{m\omega^2(R+L)}{\cos^2 \alpha} + mg \sin \alpha \right]$$

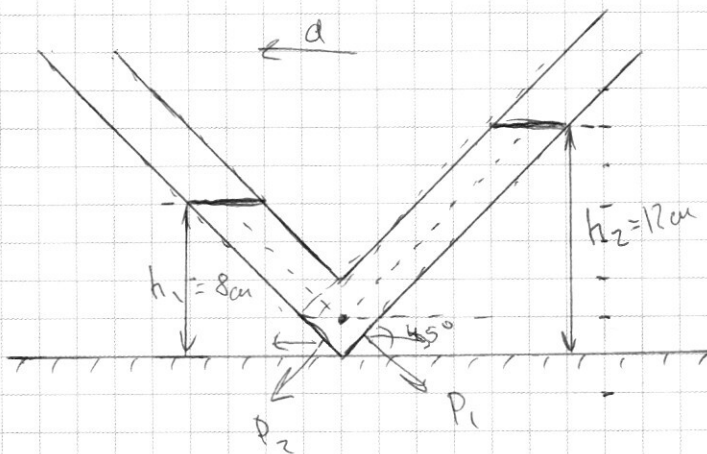
$$F_{\text{ос}} = \omega^2 \cdot \frac{(R+L)m}{\cos \alpha} \quad \text{дл } \alpha = 45^\circ$$

24

$$V = \frac{V}{47}$$

~~3,7V~~

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



~~РБДР~~

$$F = P \cdot S = P \cdot \frac{V}{h}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$F = \frac{\rho m}{\rho h}$$

$$\frac{20000}{78,5} \cdot \frac{37}{1540,5}$$

25

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$t = 35^\circ \text{C} - \text{const}$$

$$35 + 273 = 308$$

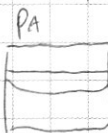
$$PV = \nu RT \quad \text{иге } \nu RT = \text{const}$$

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$\frac{PM}{RT} = \rho_{\text{пара}}$$

$$\frac{\rho_{\text{пара}}}{\rho_{\text{вод}}} = \frac{2}{1000} = 0,002$$

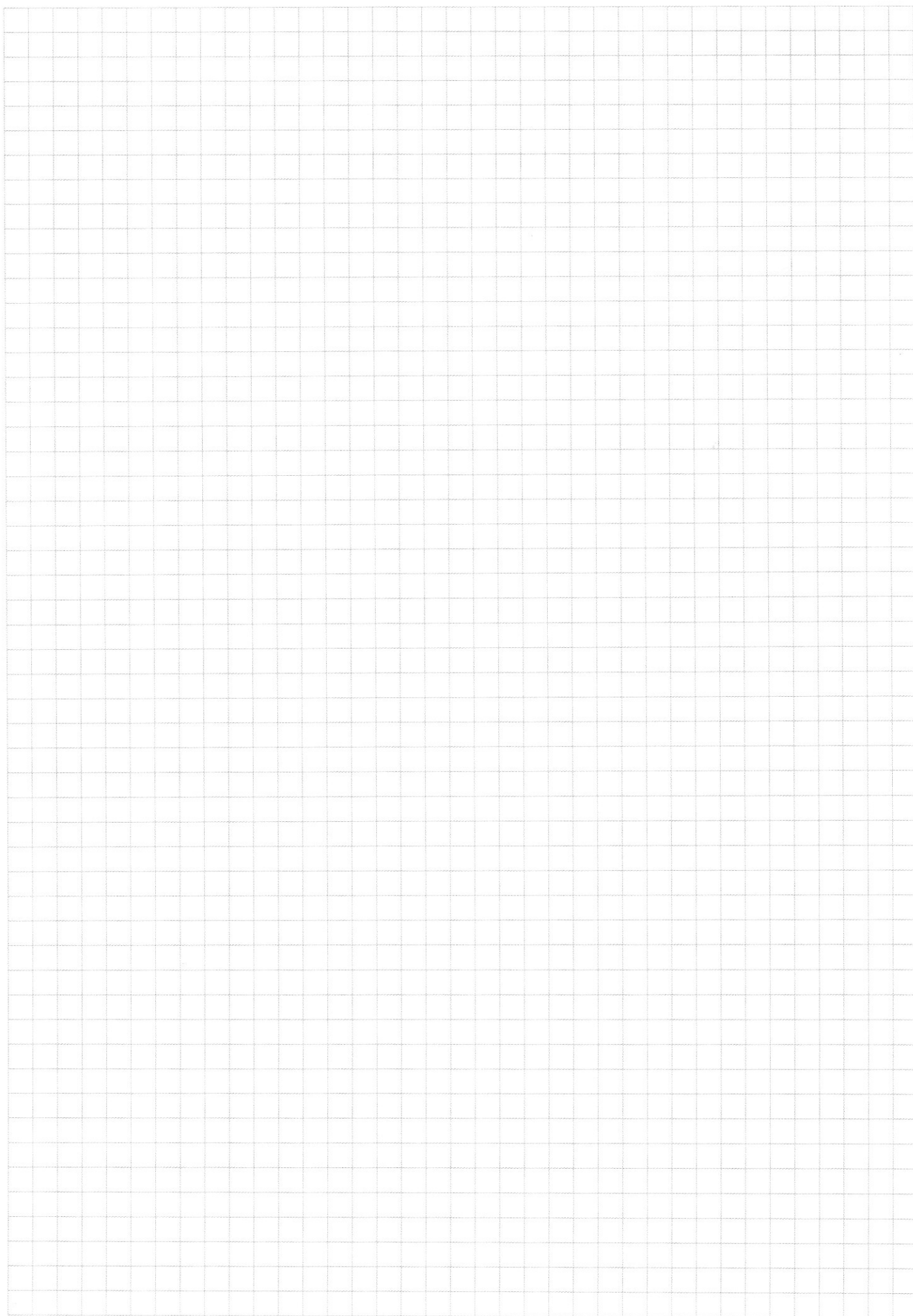
$$\nu = \frac{m}{M} \quad \rho_{\text{пара}} = \frac{\rho RT}{M} \quad \frac{8,5 \cdot 10^4}{8,31 \cdot 308} \approx 33,68$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~1

$v = 25 \text{ m/s}$
 $2.5 v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
 $400 = v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + v_{yk}^2$
 $v_{yk} = \sqrt{400 - 64 \cdot \frac{13}{4}} = \sqrt{400 - 48} = \sqrt{352} = 18.76$
 $t = \frac{h}{v_{cp}} \quad h = \frac{v_x^2 - v_0^2}{2a} \quad v_{cp} = \frac{v_x - v_0}{2}$
 $t = \frac{6.25 v^2 - v_0^2}{(2.5 v - v_0) g} = \frac{5.25 v^2}{1.5 v} = \frac{5.25 \cdot 8}{1.5} = \frac{42}{1.5} = 28$
 $h = t \cdot \frac{v_x + v_0}{2} = 1 \cdot \frac{8\sqrt{6} + 4\sqrt{3}}{2} = 2.8 \cdot 4\sqrt{6} + 2.8 \cdot 2\sqrt{3}$
 $\sqrt{3} (11.782 + 5.6) = 11.782 \cdot 1.732 + 5.6 \cdot 1.732 = 20.4 + 9.68 = 30.08$
 $t = \frac{h}{v_{cp}} = \frac{16.8 \cdot 2}{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}} = 16.8 + 4\sqrt{3} t = 5.7 \quad D = 48 + 336 = 384 \quad t = \frac{-4\sqrt{3} \pm \sqrt{352}}{10}$
 $x^2 - 2x + 1 = 0 \quad x^2 - 2x - 3 = 0$
 $D = 4 + 12 = 16 \quad x_{1,2} = \frac{2 \pm 4}{2} = -1, 3$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



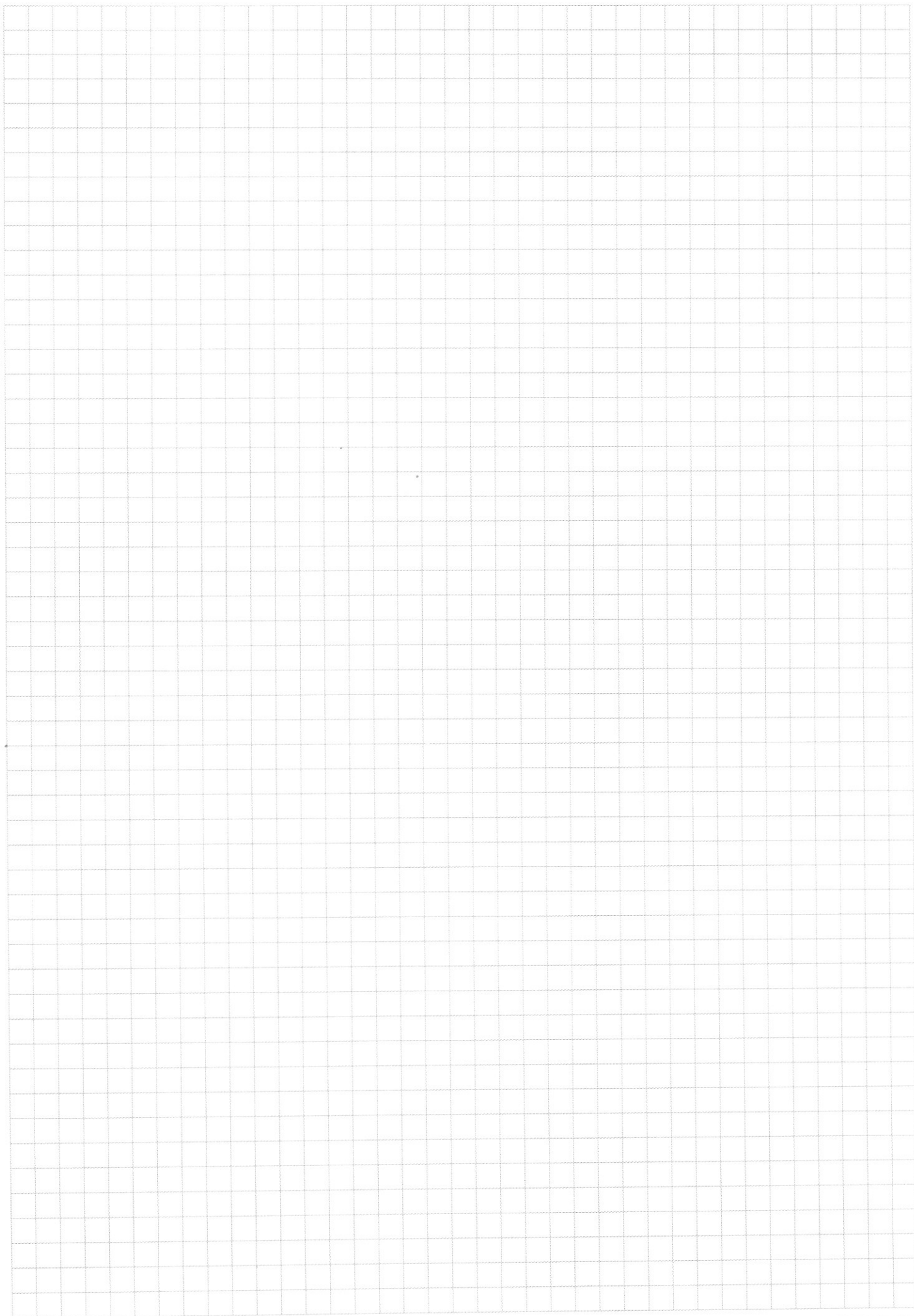
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)