

Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 10

Вариант 10-02

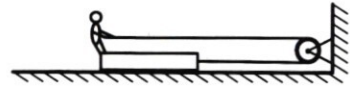
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

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

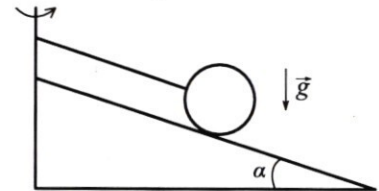
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

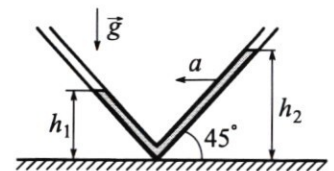
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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 с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



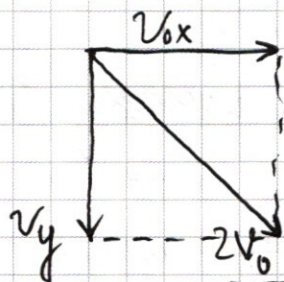
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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 $\gamma = 5,6$ раза.
- Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

- 1) Горизонтальная составляющая скорости постоянна, тогда в момент падения на Землю:



$$\begin{cases} v_{0x}^2 + v_y^2 = (2V_0)^2; & v_{0x} - \text{гориз. сост.} \\ v_{0x} = V_0 \cos \alpha & v_y - \text{вертикальная сост.} \end{cases}$$

$$v_y = \sqrt{4V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha} = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} =$$

$$= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{16-3}{4}} \approx \frac{\text{м}}{\text{с}} = 5 \cdot \sqrt{13} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx$$

$$\approx 5 \cdot 3,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 18 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

- 2) Вертикальная составляющая в нач. момент:

$$v_{0y} = V_0 \sin \alpha = 0,5 V_0;$$

то верт. сост. в момент приземления:

$$v_y = 0,5 V_0 + 0 \quad v_y = v_{0y} + gt = 0,5 V_0 + gt, \text{ где } t - \text{время падения}$$

$$t = \frac{v_y - 0,5 V_0}{g} = \frac{18 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{13}{10} \text{ с} = 1,3 \text{ с};$$

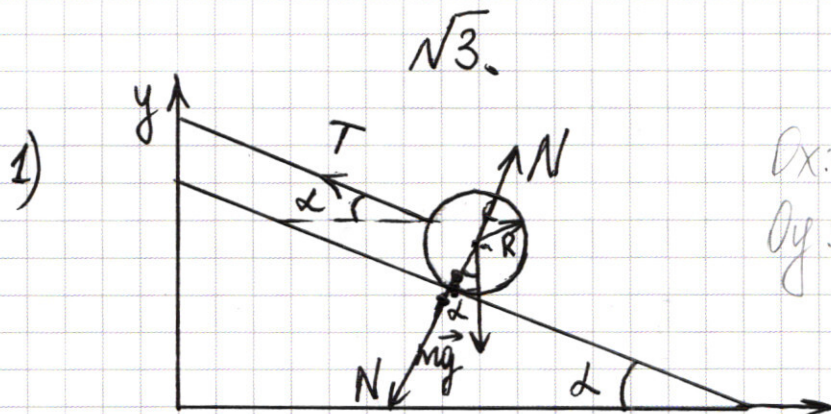
- 3) Уравнение перемещения по вертикали:

$$0 = h - v_{0y} t - \frac{gt^2}{2}, \text{ где } h - \text{высота падения};$$

$$h = v_{0y} t + \frac{gt^2}{2} = 0,5 V_0 t + \frac{gt^2}{2} = 5 \cdot 1,3 \text{ м} + 5 \cdot 1,3^2 \text{ м} =$$

$$= 5 \cdot 1,3 \cdot 2,3 \text{ м} = 6,5 \cdot 2,3 \text{ м} = 14,95 \text{ м}.$$

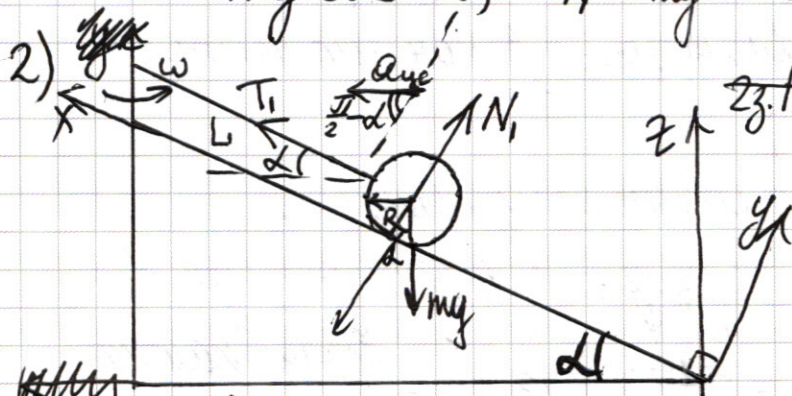
Ответ: 1) $18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) 1,3 с; 3) 14,95 м.



$$\begin{aligned} O_x: -T \cos \alpha + N \sin \alpha &= 0 \\ O_y: T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg \cos \alpha &= 0 \end{aligned}$$

2 з.н.: $O_x: -T \cos \alpha + N \sin \alpha = 0$, N — сила реакции опоры, и по 3 з.н. — сила давления шара на опору.

$$\begin{aligned} O_y: T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg \cos \alpha &= 0 \\ \begin{cases} T \cos \alpha = N \sin \alpha \quad | : \cos \alpha \\ T \sin \alpha = mg \cos \alpha - N \cos \alpha \quad | : \sin \alpha \end{cases} & \begin{cases} T = N \operatorname{tg} \alpha, \\ T \sin \alpha = mg \cos \alpha - N \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha \end{cases} \\ N \operatorname{tg} \alpha = mg \operatorname{ctg} \alpha - N \operatorname{tg} \alpha & \\ N (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha) = mg \operatorname{ctg} \alpha & \\ N \cdot \frac{1}{\sin \alpha \cdot \cos \alpha} = \frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha} & \\ N = mg \cos^2 \alpha; \quad N = mg \cos \alpha; & \end{aligned}$$



2 з.н. $O_x: T \cos \alpha - N \sin \alpha = m a_{yc}$

$$O_y: T \sin \alpha + N \cos \alpha - mg = 0$$

2 з.н. $O_x: T_1 - mg \sin \alpha = m a_{yc} \cos \alpha$

$$\begin{aligned} O_y: N_1 - mg \cos \alpha &= -m a_{yc} \sin \alpha \\ O_z: T_1 \sin \alpha + N_1 \cos \alpha - mg &= 0 \\ a_{yc} &= \omega^2 (L + R) \cos \alpha \end{aligned}$$

N_1 — сила реакции опоры, и по 3 з.н. — сила давления шара на поверхность.

$$\begin{aligned} T_1 - \frac{mg - N_1 \cos \alpha}{\sin \alpha} &= m \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha \\ N_1 - mg \cos \alpha &= -m \omega^2 (L + R) \cos \alpha \sin \alpha \\ N_1 &= m(g \cos \alpha - \omega^2 (L + R) \sin \alpha \cos \alpha) \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $N = mg \cos \alpha$; 2) $N_1 = m(g - \omega^2(L + R) \sin \alpha) \cos \alpha$;
N5.

$$\begin{cases} 1) P V_0 = \nu_0 RT; \\ P(V_0 - \Delta V) = \\ P(V_0 - \Delta V + V_B) = (\nu_0 - \Delta \nu) RT; \end{cases}$$

$$\begin{cases} P = \frac{p_n}{\mu} RT; & p_n = \frac{p_m}{RT} \\ p_n = \frac{\Delta \nu \mu}{V_B}; & \frac{p_n}{p_0} = \frac{p_m \cdot \mu \mu}{RT \cdot V_B}; \end{cases}$$

$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{P V_B}{RT \Delta \nu};$$

$$P(V_B - \Delta V) = -\Delta \nu RT;$$

1) $P = \frac{p_n}{\mu} RT$, где p_n — плотность пара.

$$p_n = \frac{p_m}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 300} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 0,0256 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{p_n}{p_0} = \frac{2,56 \cdot 10^{-2}}{10^3} = 2,56 \cdot 10^{-5};$$

2) $P \frac{V}{\gamma} = (\nu - \Delta \nu) RT$; где V — нач. объём, $\Delta \nu$ — изменение кол-ва пара, γ — кол-во в нач. момент.
 $\frac{V}{\gamma} = V - \Delta V + V_B = V - \Delta V + \frac{\Delta \nu \mu}{P}$; $\Delta \nu$ — количество вещества пара.
материал, V_B — объём образовавшегося пара.

$$PV = \nu RT;$$

$$PV \left(\frac{1}{\gamma} - 1 \right) = -\Delta \nu RT \quad (\text{вошли в расчёт из первого})$$

$$\Delta U = pV \frac{1 - \frac{1}{\gamma}}{RT};$$

$$V_B = \frac{\Delta U \cdot M}{p}; \quad - \text{объем воды.}$$

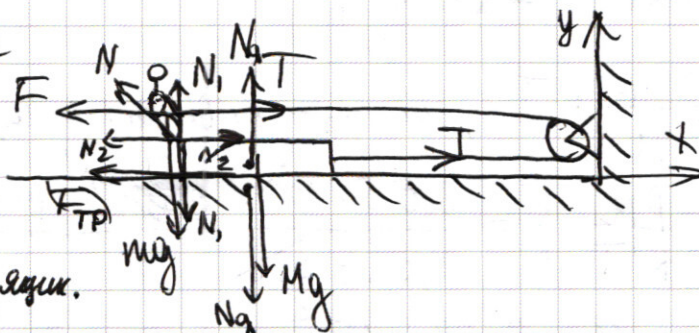
$$V_n = \frac{V}{\gamma} \quad - \text{объем воды}$$

$$\begin{aligned} \frac{V_n}{V_B} &= \frac{V}{\gamma} : \frac{\Delta U M}{p} = \frac{V}{\gamma} : \left(pV \frac{1 - \frac{1}{\gamma}}{RT} \cdot \frac{M}{p} \right) = \frac{V \cdot RT \cdot p}{pM \cdot (1 - \frac{1}{\gamma}) \cdot M \cdot \gamma} = \\ &= \frac{8,31 \cdot 300 \cdot 1}{3,55 \cdot 10^3 \cdot (1 - \frac{1}{5,6}) \cdot 18 \cdot 5,6} = \frac{8,31 \cdot 300}{3,55 \cdot 10^3 \cdot 4,6 \cdot 18} = \\ &= \frac{831 \cdot 3}{355 \cdot 46 \cdot 18} \approx \frac{831 \cdot 3}{355 \cdot 831} = \frac{3}{355} \approx \frac{46 \cdot 18 = 828}{831} \\ &\approx 0,009 \end{aligned}$$

Ответ: $2,56 \cdot 10^{-5}$; $0,009 \cdot \sqrt{2}$.

$$\frac{6}{410} = \frac{9}{1065} \quad \begin{array}{r} 710 \\ 1,5 \\ \hline 355 \\ 71 \\ \hline 1065,0 \end{array}$$

$\vec{N}_1 + \vec{N}_2 = \vec{N}$; N -полная
реакция, N_1 -верт. сост.,
 N_2 -гориз. сост.



N_2 - сила реакции, действ. на ящик.

1) $N_1 = mg$

~~$T + N_2 + F_{тр} = (M + m)a$~~ ~~$T + N_2 = mg$~~ ~~$F_{тр} = \mu N_1$~~

$N_2 = Mg + N_1 = Mg + mg = 3mg;$

2) $\begin{cases} T = N_2 \\ T = F_{тр} \\ T + N_2 - F_{тр} = 0 \text{ (т.к. } a=0), F_{тр} = \mu N_2 \end{cases}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_0 + F_0 - \mu \cdot 3mg = 0;$$

$$2F_0 = 3\mu mg;$$

$$F_0 = \frac{3}{2} \mu mg = 1,5 \mu mg;$$

$$3) \begin{cases} T = N_2 \\ T = F \\ T + N_2 - F_{\text{тр}} = (M+m)a \\ S = \frac{at^2}{2} \end{cases}$$

$$2F - 3\mu mg = (M+m)a;$$

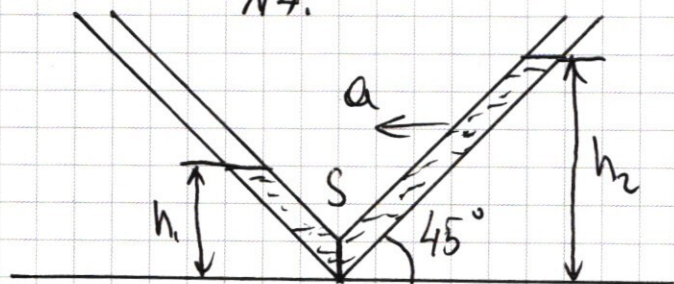
$$a = \frac{2F - 3\mu mg}{3m};$$

$$S = \frac{2F - 3\mu mg}{3m \cdot 2} t^2;$$

$$t^2 = \frac{S \cdot 6m}{2F - 3\mu mg};$$

$$t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}; \text{ (стоит заметить, что при } F > F_0 = 1,5\mu mg \text{ и дробь, и корень имеют смысл)}$$

Ответ: 1) $3mg$; 2) $F_0 = 1,5\mu mg$; 3) $t = \sqrt{\frac{6mS}{2F - 3\mu mg}}$



S — площадь сечения
под 45° ; $S \cos 45^\circ$ —
поперечное;
 $\cos 45^\circ \approx 0,7$;

$$(P_2 - P_1)S = \rho(h_1 + h_2)S \cdot \cos 45^\circ \cdot a;$$

$$P_1 = \rho g h_1; P_2 = \rho g h_2;$$

ρ — плотность масла

$$\rho g S(h_2 - h_1) = \rho S(h_1 + h_2) a \cdot 0,7;$$

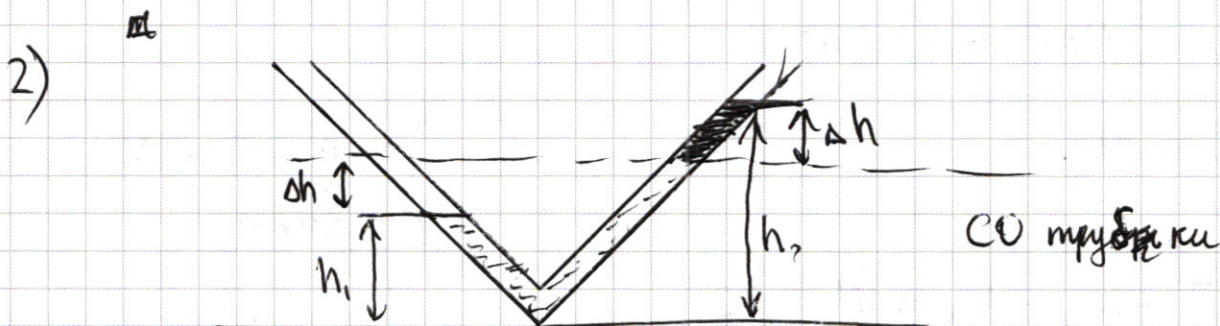
$$h_2 g - h_1 g = 0,7 a h_1 + 0,7 h_2 a;$$

$$\frac{128}{72} - \frac{32}{18} = \frac{16}{9}$$

$$h_2(g - 0,7a) = h_1(g + 0,7a);$$

$$\frac{16}{9} / \frac{1}{9} = \frac{16}{1}$$

$$h_2 = h_1 \frac{g + 0,7a}{g - 0,7a} = 10 \text{ см} \cdot \frac{10 + 0,7 \cdot 4}{10 - 0,7 \cdot 4} = 10 \cdot \frac{12,8}{7,2} \text{ см} \approx 18,8 \text{ см};$$



~~$\Delta h = \frac{h_2 + h_1}{2}$~~ Δh - расстояние до положения равновесия;

$$\Delta h = \frac{h_2 - h_1}{2}; \quad \Delta h = \frac{18,8 - 10}{2} \text{ см} = 4,4 \text{ см};$$

$$mg \Delta h = \frac{mv^2}{2}, \text{ где } m - \text{масса масла занимающего закрытый объем,}$$

$$v = \sqrt{2g \Delta h} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,044} = \sqrt{0,88} \approx 0,94 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

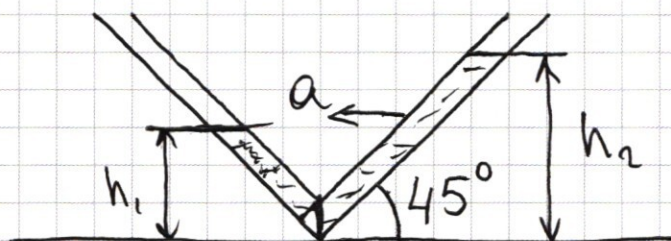
Ответ: 1) $h_2 = 18,8 \text{ см}$; 2) $v = 0,94 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

$$\begin{array}{r} 9,2 \\ \times 9,3 \\ \hline 276 \\ 828 \\ \hline 846,6 \end{array}$$

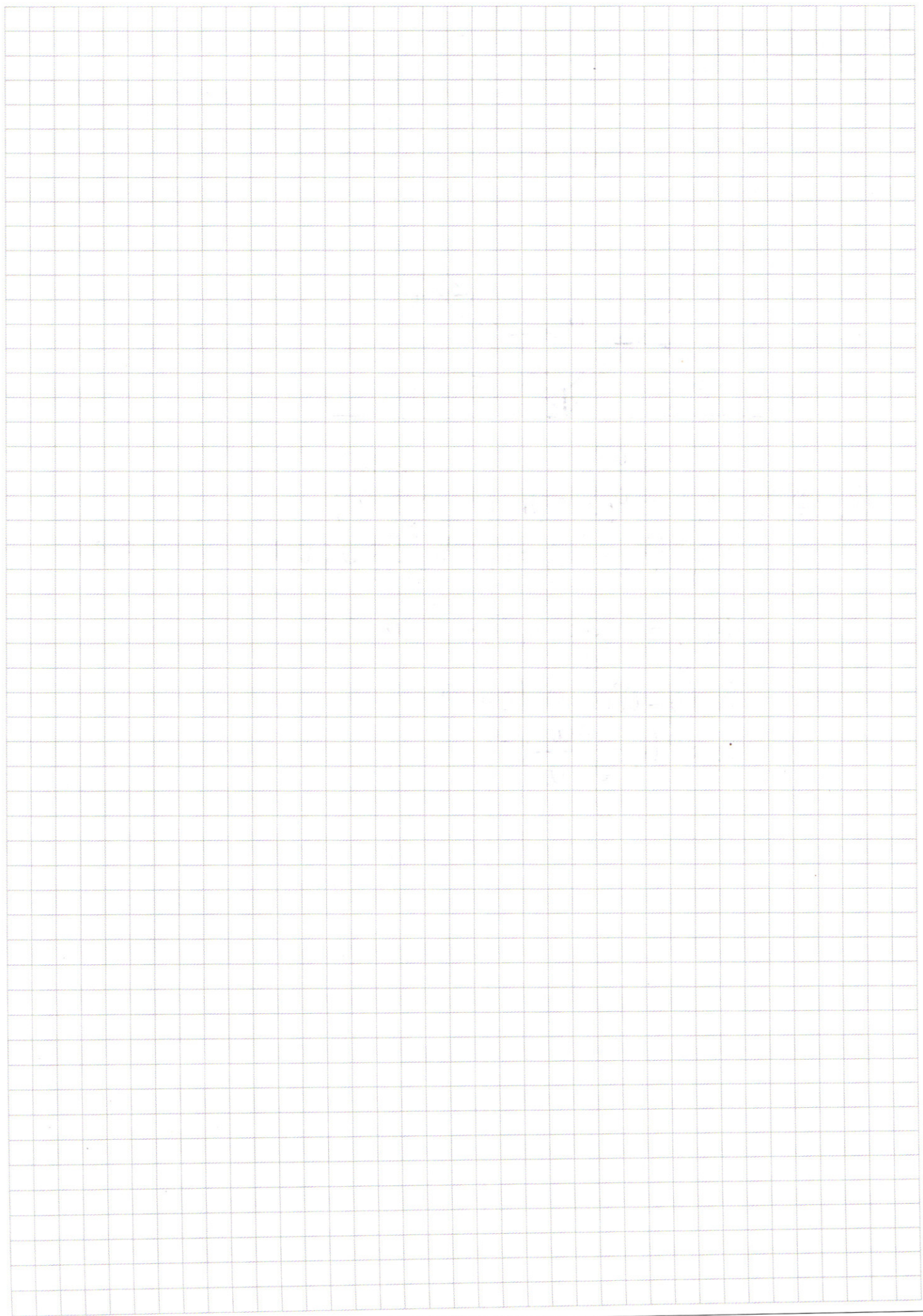
$$\begin{array}{r} 9,2 \\ \times 9,3 \\ \hline 276 \\ 828 \\ \hline 846,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9,2 \\ \times 9,3 \\ \hline 276 \\ 828 \\ \hline 846,6 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{aligned}
 (P_2 - P_1)S &= \rho g h_1 S - \rho g h_2 S = (\rho g (h_1 - h_2)) S; \\
 \rho g S (h_2 - h_1) &= (\rho g (h_1 + h_2)) S \cos 45^\circ; \\
 h_2 g - h_1 g &= (h_1 + h_2) a; \quad \cos 45^\circ \approx 0,7. \\
 h_2 (g - a) &= h_1 (g + a) \\
 h_2 &= h_1 \frac{g + a}{g - a};
 \end{aligned}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



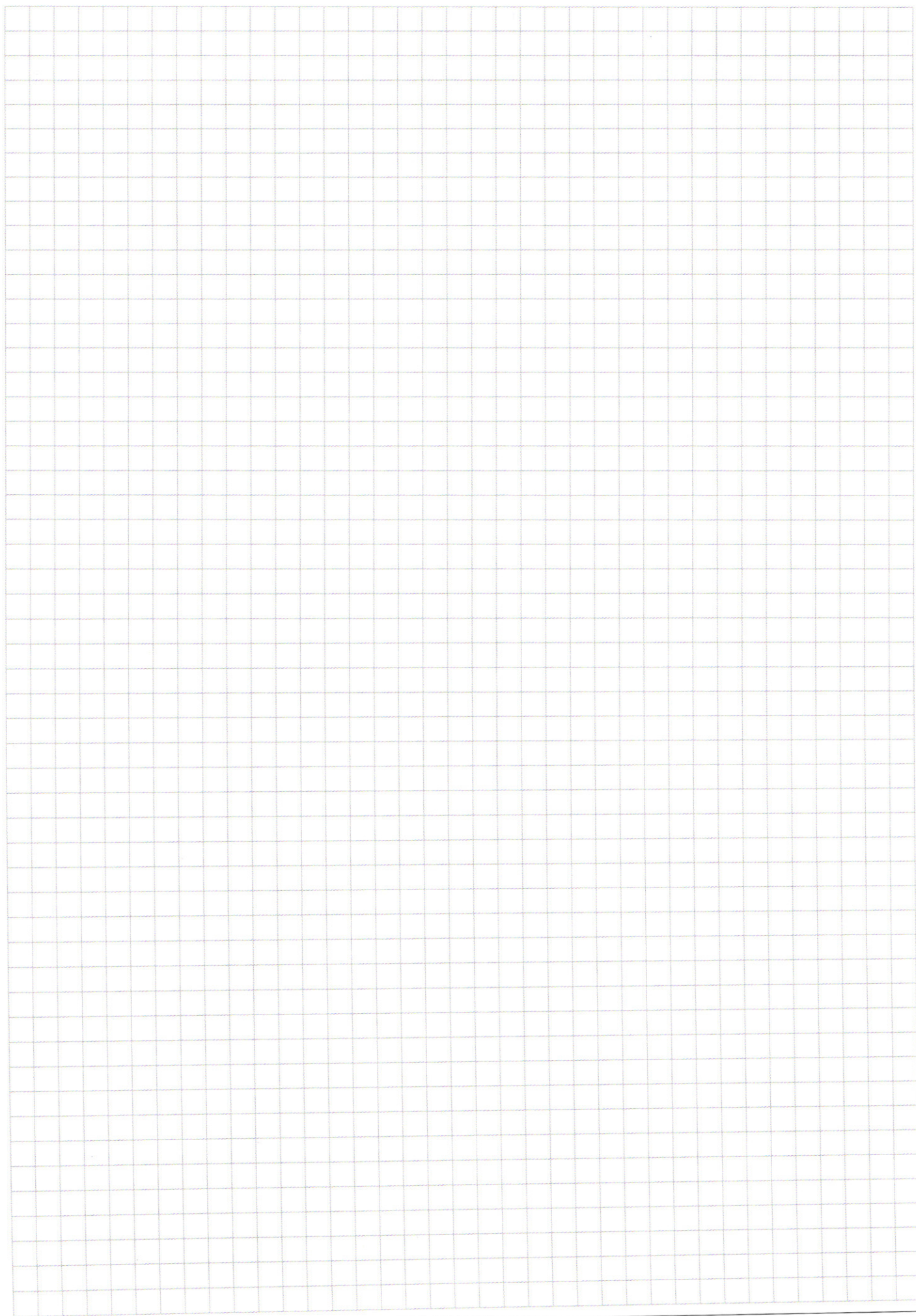
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)