

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?

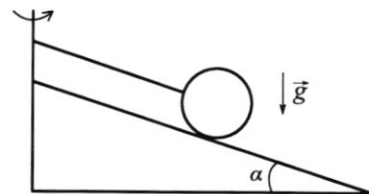
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

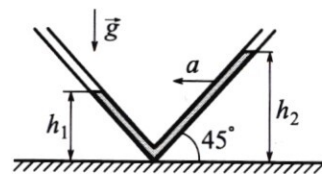


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.

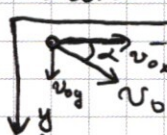
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

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
 $v_0 = 8 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$
 1) $v_{y1} = ?$
 2) $t = ?$
 3) $S_x = ?$

Решение



1) Т.к. по условию камень все время приближается к гор. поверхности

Значит, мы понимаем, что его начальная скорость направлена как на рисунке.

$v_{0x} = v_x$ — гор. сост. скорости камня
 горизонтальная составляющая скорости камня в нач. момент

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

При падении на землю:

$$v_1^2 = v_x^2 + v_{y1}^2, \text{ где } v_1 - \text{ скорость в момент падения, по уш. } v_1 = 2,5 v_0$$

$$v_{y1} = \sqrt{v_1^2 - v_x^2}$$

$$v_{y1} = \sqrt{(v_1 + v_x)(v_1 - v_x)}$$

$$v_{y1} = \sqrt{(v_0 \cos \alpha + 2,5 v_0)(2,5 v_0 - v_0 \cos \alpha)}$$

$$v_{y1} = \sqrt{6 v_0^2}$$

$$v_{y1} = \sqrt{6 \cdot 64}$$

$$v_{y1} \approx 19,5 \text{ м/с}$$

2) Ур-ние скорости на ось y:

$$v_{y1} = v_{0y} + g t$$

$$t = \frac{v_{y1} - v_{0y}}{g}$$

$$t = \frac{19,5 - 7}{10} = 1,25 \text{ с}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 7 \text{ м/с}$$

$$3) S_x = v_x t = 4 \cdot 1,25 = 5 \text{ м}$$

Ответ: 3) 5 м; 2) 1,25 с; 1) 19,5 м/с

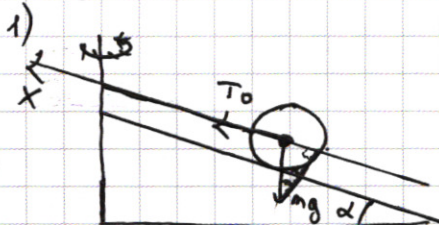
③ Дано

m, R, α, L

1) $T_0 = ?$

2) $T_1 = ?$

Решение:

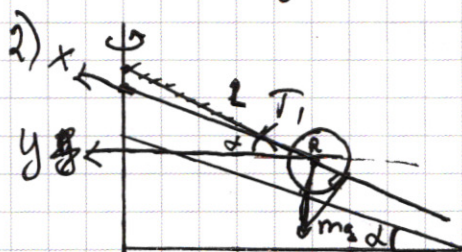


Укажем силы, действующие на шар.

Т.к. шар ^{покоится} ~~неподвижен~~, II закон Ньютона по ось x выглядит так:

$$0 = T_0 - mg \sin \alpha$$

$$T_0 = mg \sin \alpha$$



Шарик будет двигаться по окружности радиуса $R' = (R+L) \cos \alpha$ (*)

II З.Н. по ось y:

$$m a_y = T_1 \cos \alpha \quad (1)$$

$$a_y = \frac{v^2}{R'} \quad (2)$$

$$v = \omega R' \quad (3)$$

Подставим (*), (2), (3) в (1), получим:

$$T_1 = m \omega^2 (R+L)$$

Ответ: 1) $T_0 = mg \sin \alpha$; 2) $T_1 = m \omega^2 (R+L)$

② Дано Решение

S, m

M, y

1) $F_g = ?$

2) $F_0 = ?$

3) $v = ?$

человека и ящик $\Rightarrow$

$$F_g = mg + Mg = 6mg$$

2) На рис. покажем силы действующие на ящик:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\rho_n V \rho = \rho_b V_1 + \rho_n V$, где V — конекный объем пара

$$\rho_n V (\rho - 1) = \rho_b V_1$$

$$\frac{V}{V_1} = \frac{\rho_b}{\rho_n (\rho - 1)} = \frac{2000}{3,7} = \frac{20000}{3,7} \approx 540$$

Ответ: 1) $\frac{\rho_n}{\rho} = 5 \cdot 10^{-4}$; 2) $\frac{V}{V_1} = 540$

④ Дано

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$

1) a — ?

2) $v_{\max}$ — ?

Решение:

1) Ускорение трубки будет создаваться разлет дополнительного объема воды во втором колене высотой $\Delta h = h_2 - h_1 = 4 \text{ см}$.

$$m a = \rho g \Delta h = \cancel{100 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2}}$$

масса всей воды

$$a = \frac{\rho g \Delta h}{m} = \frac{\rho g \Delta h}{\rho V} = \frac{g \Delta h}{V}$$

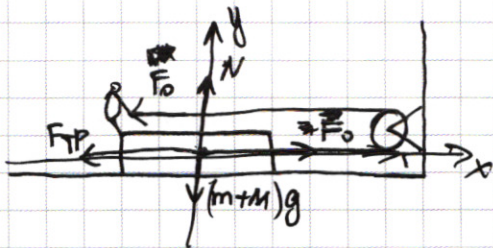
2) Из закона сохранения энергии следует, что максимальная скорость будет у той части воды, которая была на высоте $h_2 \Rightarrow$

$$m g \Delta h_1 = \frac{m v_{\max}^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta h_1 = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

$$v_{\max} = \sqrt{2 g \Delta h_1} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,04} = 0,64 \text{ м/с}$$

Ответ: $a = \frac{g \Delta h}{V}$, $v_{\max} = 0,64 \text{ м/с}$



II Закон Ньютона на x:
Чтобы сдвинуть цилиндр с места необходимо, чтобы:

$$F_0 > F_{тр}$$

$$\text{по } y: N = 6mg$$

$$\mu N \leq F_0$$

$$F_0 \geq 6mg\mu \Rightarrow F_0 = 6mg\mu$$

3) Если $F > F_0$ - цилиндр начнет равноускоренно двигаться $\Rightarrow$ максимальная скорость будет в конце пути, длиной L

Удобно воспользоваться формулой:

$$L = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}; \text{ т.к. первоначально тело покоилось;}$$

$$v_0 = 0 \Rightarrow$$

$$L = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2La}$$

Ускорение a будет равно: $a = \frac{F - 6mg\mu}{6m} \Rightarrow$

$$v = \sqrt{\frac{2L \cdot (F - 6mg\mu)}{6m}} = \sqrt{\frac{L(F - 6mg\mu)}{3m}}$$

Ответ: 1) $F_g = 6mg$; 2) $F_0 = 6mg\mu$; 3) $v = \sqrt{\frac{L(F - 6mg\mu)}{3m}}$

5) Дано

$$T = 368 \text{ K}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \rightarrow 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$\sigma = 4,2$$

$$1) \frac{\rho_n}{\rho} = ? \quad \frac{v_n}{v_0} = ?$$

Решение

1) По ур. Менделеева - Клапейрона:

$$\rho_n = \frac{P \mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} \approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \frac{1}{2000} = 5 \cdot 10^{-4}$$

2) Т.к. масса пара + масса воды есть величина постоянная, справедливо следующее ур.



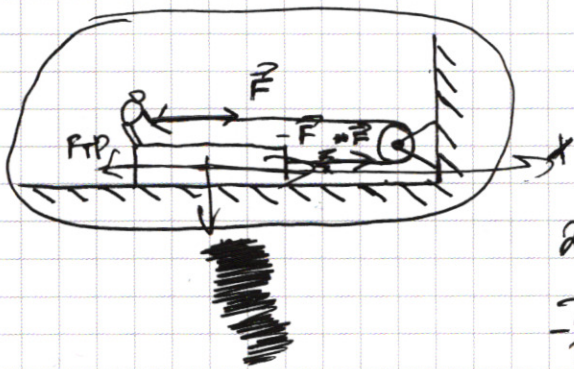
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$$F = F_T = F_P$$

$$-F > -F_T$$

$$-F > F_P$$

$$F < F_P$$

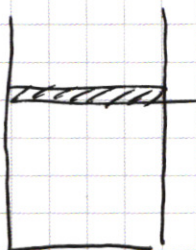
$$\begin{array}{r} 2000 \overline{) 3} \\ 2000 \overline{) 185} \\ \underline{185} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 545 \\ 37 \\ \hline 3.815 \\ 1635 \\ \hline 1,23,56 \\ \times 37 \\ 5 \times 4 \\ \hline 185 \end{array}$$

⑤ ~~масса~~

масса $\rho = \text{const?}$

$$\begin{array}{r} 37 \\ \times 4 \\ \hline 259 \end{array}$$



$$P = \rho \cdot g \cdot h = \frac{P \cdot h}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10 \cdot 18 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 368}$$

$$\frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368}$$

$$\begin{array}{r} \times 85 \\ 18 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 200000 \overline{) 78} \\ 156 \\ \hline 680440 \end{array}$$

$$\frac{1}{2} \approx 0,5$$

$$\frac{1}{20} \approx 0,05$$

$$\frac{1}{200} \approx 0,005$$

$$\frac{1530}{3058} \approx \frac{1}{2} \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_b}{\rho_n} = \frac{1000}{2} \approx 2000$$

$$m_n + m_{\text{лог}} = \text{const}$$

$$\rho \approx 0,5 \cdot 10^3$$

$$\begin{array}{r} 540 \\ \times 3,7 \\ \hline 3780 \\ + 1620 \\ \hline 19980 \end{array}$$

$$\frac{1}{5} \approx 0,2$$

$$m_n + m_{\text{лог}}$$

$$\rho_n V = \rho_b V_1 + \rho_n V_2$$

$$\rho_n (V - \frac{V}{\rho}) \approx \rho_b V_1$$

$$\rho_n V (1 - \frac{1}{\rho}) = \rho_b V_1$$

$$\begin{array}{r} \times 545 \\ 37 \\ \hline 3.815 \\ + 3815 \\ \hline 20105 \end{array}$$

$$\rho \frac{V}{V_1} = \frac{\rho_b}{\rho_n (\rho - 1)}$$

$$\frac{V}{V_1} = \frac{\rho_b}{\rho_n (1 - \frac{1}{\rho})}$$

$$\frac{V}{V_1} \rho_n (1 - \frac{1}{\rho}) = \rho_b$$

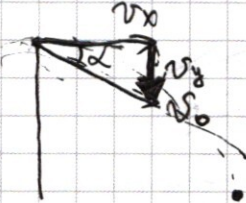
$$\frac{V}{V_1} \approx \frac{\rho_b}{\rho_n (1 - \frac{1}{\rho})}$$

$$\frac{2000}{1 - \frac{1}{4,2}}$$

$$\frac{2000}{1 - 0,22} \approx \frac{1000}{0,78}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①



$$v_0^2 = v_{0x}^2 + v_{0y}^2$$

$$v_{0x} = \text{const}$$

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_1 = 2,5 v_0 = 2,5 \cdot 8 = 20$$

$$\left(8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = 64 \cdot \frac{3}{4} = 48$$

$$v_x^2 + v_y^2 = v_1^2$$

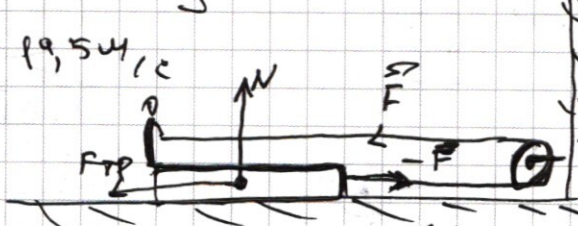
$$v_y = \sqrt{v_1^2 - v_x^2}$$

$$= \sqrt{400 - 48}$$

$$v_y = v_{0y} + gt \Rightarrow t = \frac{v_y - v_{0y}}{g}$$

$$v_{y1} = v_{0y} + gt$$

$$t = \frac{v_{y1} - v_{0y}}{g} = \frac{19,54 - 8}{9,8} = 1,17 \text{ s}$$



$$P = \frac{N}{S}$$

$$P = 6 \text{ mg}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = 6 \mu \text{ mg} = 12,5 \text{ N}$$

$$F > 6 \mu \text{ mg}$$

$$S = \frac{a^2}{2}$$

$$H = v_{0y} t + \frac{gt^2}{2}$$

$$ma = F - \mu mg$$

$$a = \frac{F - 6 \mu \text{ mg}}{m}$$

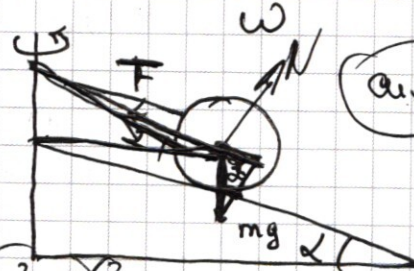
$$\frac{19,54}{9,8} = 1,99 \text{ s}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

③ Dano

mR

L



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

$$(R + r) \cos \alpha = R'$$

$$a_{y2} = \frac{v^2}{R}$$

$$\omega^2 R = v_0 \cdot \sin 60^\circ$$

$$\omega = \frac{v_0 \sin 60^\circ}{R} = \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{8} = 0,87$$

$$mg \sin \alpha = T$$

5) Дано
 $T = 95^\circ\text{C}$
 $P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$
 $T = \text{const}$

$$PV = \nu RT$$

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

$$PM = \nu RT$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} \approx 0,51 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho = \frac{8,5 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} = \frac{51}{1016} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

так как $P = \text{const}$, $PV = \text{const}$

так как $u = \text{const}$

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

$$2aS = v_1^2 - v_0^2$$

$$0,05 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,00005 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$S = \frac{a t^2}{2}$$

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

$$S = \frac{(v_1 - v_0) t}{2}$$

$$v_1 t - v_0 t$$

$$4,7$$

$$m_1 + m_2$$

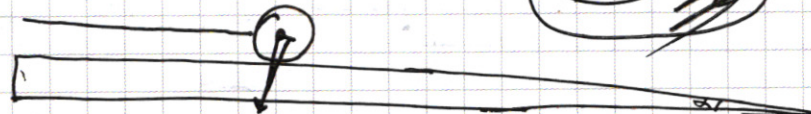


$$\cos \alpha = \frac{16}{256}$$

$$g \sin \alpha = a$$

$$g \sin \alpha = a$$

$$m g \sin \alpha = m a$$



$$m a_y = T_1$$

$$a_y = \omega^2 R$$

$$\omega^2 R m \sin \alpha$$

$$m a_y = T_1 \cos \alpha$$

$$a_y = \frac{v^2}{R_1} = \omega^2 R_1$$

$$\omega^2 (R_1 + L) \cos \alpha$$

$$m \omega^2 (R_1 + L) = T_1$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \end{array}$$

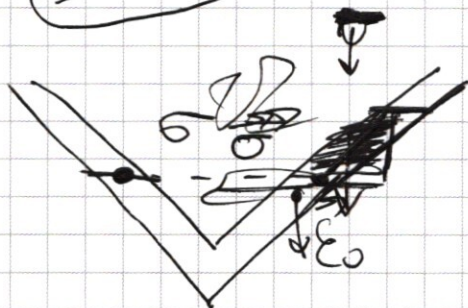
$$\begin{array}{r} 101 \\ \times 181 \\ \hline 1018 \\ 1018 \\ \hline 18318 \end{array}$$

$$\approx 18$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4

$g \sin \alpha$ и $g \cos \alpha$



$mg \sin \alpha$

сила тяжести = N

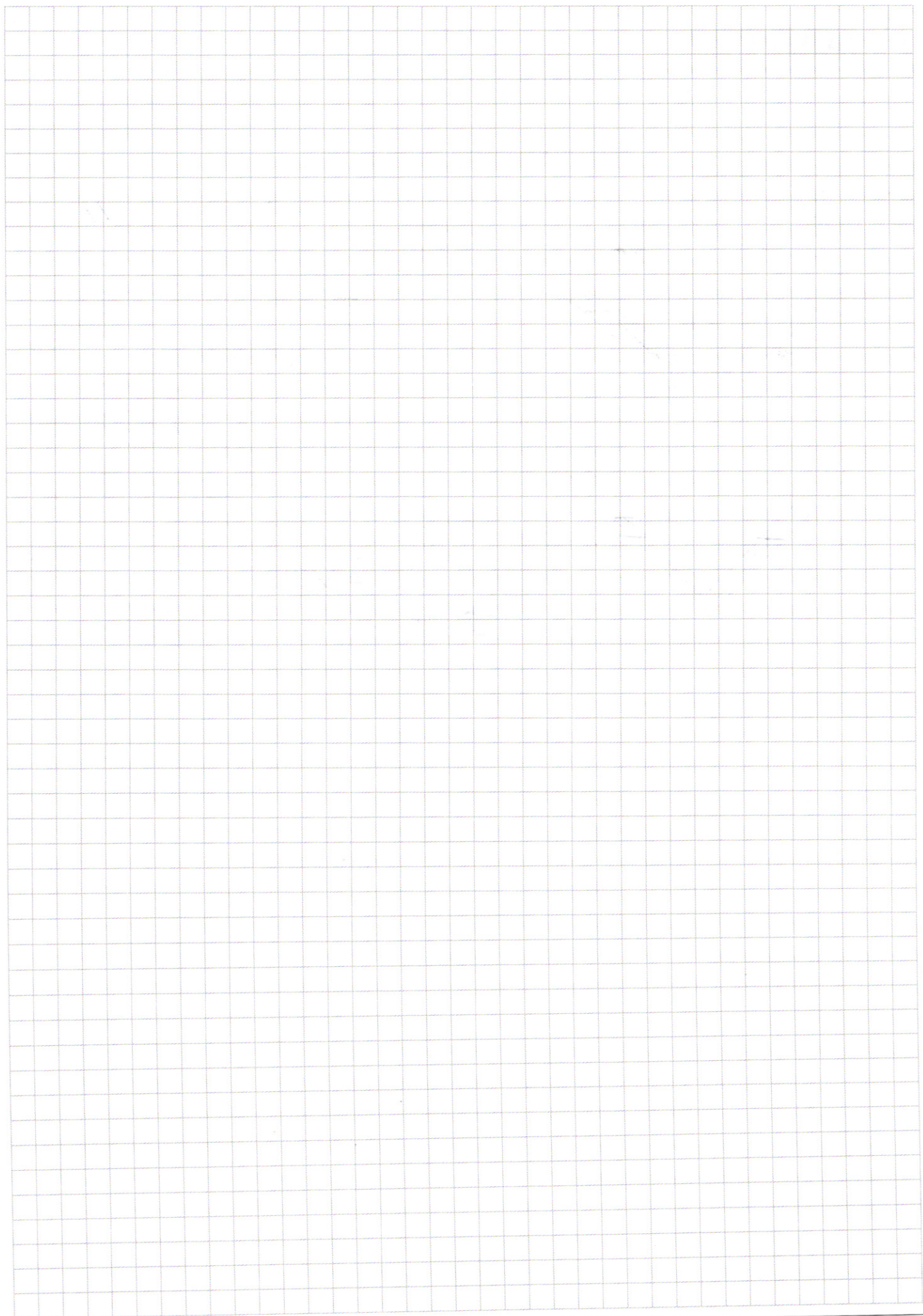
$\frac{mv^2}{2} \quad \sqrt{2gh}$
 $T - mg \sin \alpha = 0 \Rightarrow 0$
 по: $mg \cos \alpha = N$
 $mg = \frac{N}{\sin \alpha}$

$\frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha} = N$
 $mg \sin \alpha \cos \alpha$
 N
 $mg \cos \alpha = N$

$S_m = 800 \frac{м^3}{с}$

$g \sin \alpha \cos \alpha = \frac{v^2}{a}$
 $a = \frac{g \sin \alpha \cos \alpha}{v}$

на по: в силе:
 максимум отор
 тяжести
 сил, как
 проекции



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



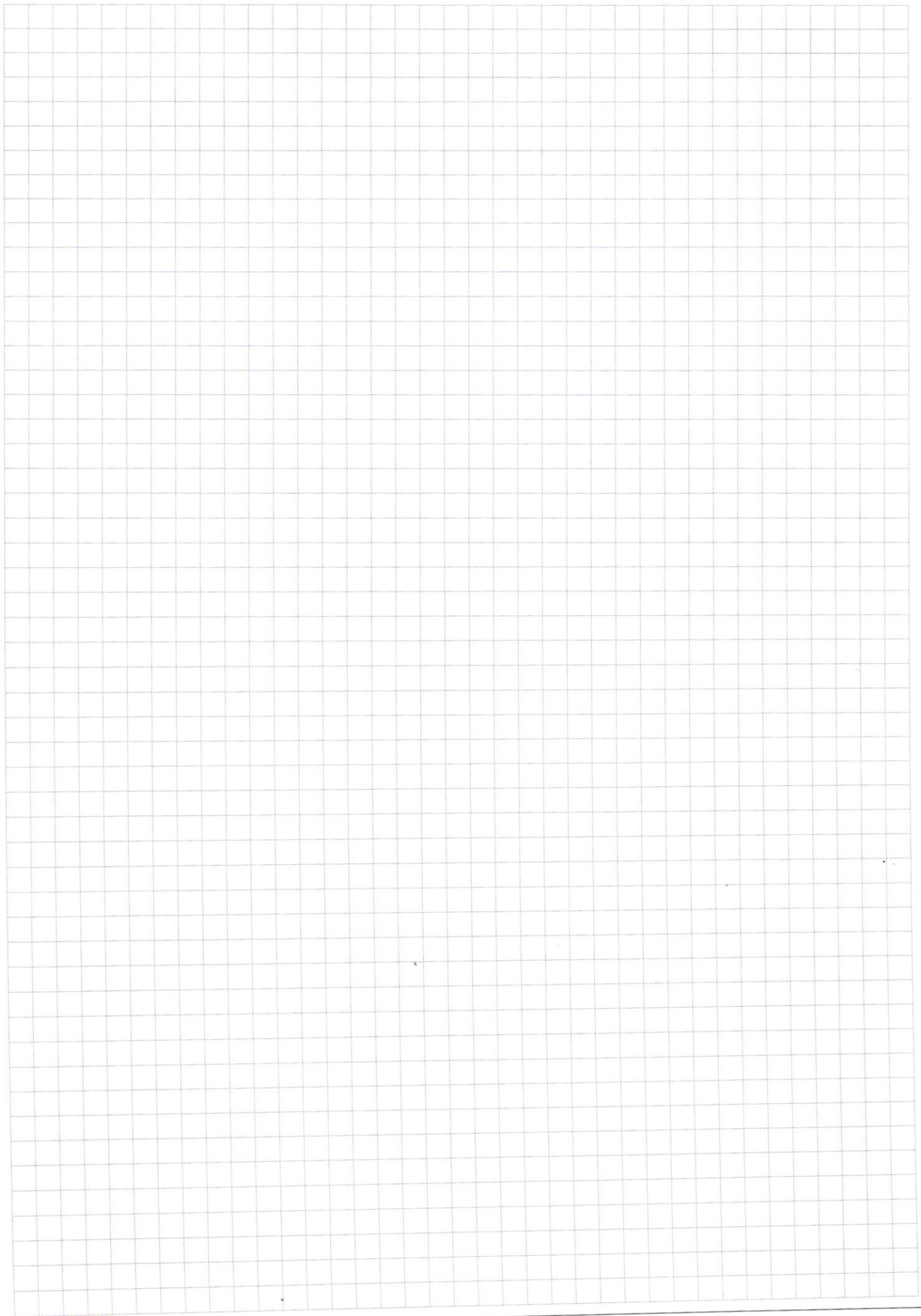
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)