

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

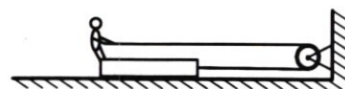
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

- ✓ 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.

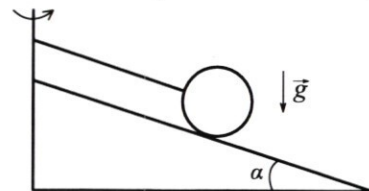
- ✓ 2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением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

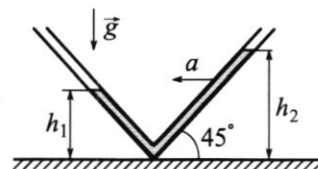
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

Дано: $\alpha = 30^\circ$
 $v_0 = 10 \frac{м}{с}$
 $v_1 = 2v_0$
 $v_{в.1} - ?$
 $t - ?$
 $h - ?$

В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности земли $\Rightarrow$ гайку бросим вниз.

Разложим $\vec{v}_0$ на вертикальную и горизонтальную проекции.

$v_x = v_0 \cdot \cos 30^\circ$ - не меняется в течение полета
 $v_{в.0} = v_0 \cdot \sin 30^\circ$ - вертикальная составляющая. В начале

При приземлении $2v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_{в.1}^2}$
 $4v_0^2 = v_0^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 + v_{в.1}^2 \Rightarrow v_{в.1} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cdot \frac{3}{4}} \approx 1,8v_0 = 18 \frac{м}{с}$

Найдем время полета из уравнения вертикальной скорости.

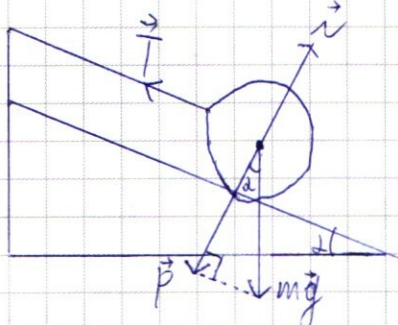
$v_{в.0} + gt = v_{в.1}$
 $v_0 \cdot \sin 30^\circ + gt = 1,8v_0$
 $t = \frac{1,8v_0 - 0,5v_0}{g} = 1,3 \text{ с.}$

$h = \frac{v_{в.1}^2 - v_{в.0}^2}{2g} = \frac{325 - 25}{20} = 15 \text{ м.}$

Ответ: 1) $18 \frac{м}{с}$; 2) $1,3 \text{ с}$; 3) 15 м .

№ 3

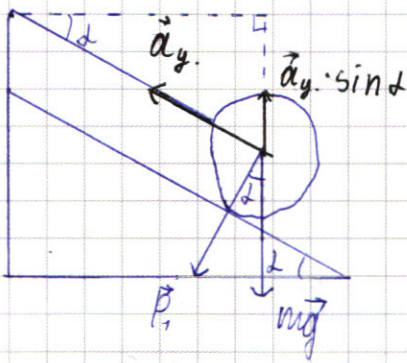
Дано: m
 R
 α
 $L; \omega$
 $P_0 - ?$
 $P_1 - ?$



1) $P_0 = mg \cdot \cos \alpha$

2) Если система вращается, то на шар действует

центростремительное ускорение.



$$P_1 = m(g - a_y \sin \alpha) \cdot \cos \alpha$$

$$a_y = \omega^2(L+R) \Rightarrow \underline{P_1 = m(g - \omega^2(L+R) \sin \alpha) \cdot \cos \alpha.}$$

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

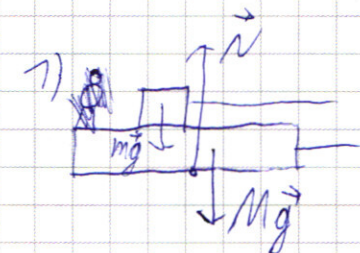
Дано: S ;
 $M = 2m$

μ

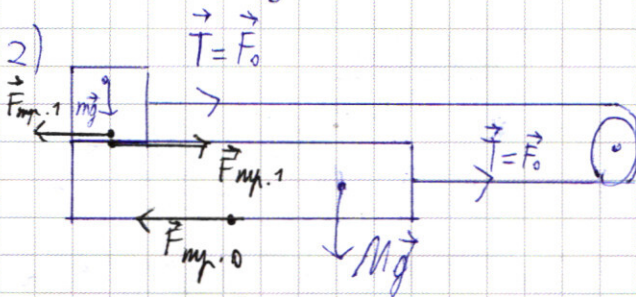
$P = ?$

$F_0 = ?$

$t = ?$



$$|\vec{N}| = |\vec{P}| = mg + Mg = \underline{3mg.}$$



Между человеком и эскимосом возникает сила трения покоя $\vec{F}_{тр.1}$. Она приложена к эскимосу $|\vec{F}_{тр.1}| = |\vec{F}_0|$.

$\vec{F}_{тр.1}$ приложена и к эскимосу, но направлена в другую сторону. $\vec{T} = \vec{F}_0 \Rightarrow \vec{F}_{тр.0} = \vec{F}_{тр.1} + \vec{T} = 2\vec{F}_0$.

$$\mu 3mg = 2F_0. \quad \underline{F_0 = \frac{3\mu mg}{2}}$$

ВР Пескочнику 3) По 2 закону Ньютона $a_m = -F_{тр.0} + 2F_0 = 0$.

Для силы $F > F_0$ $2F - F_{тр.0} = am$.

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

$$S = v_0 t + \frac{a t^2}{2} = \frac{a t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F - 3\mu mg}{m}}}$$

Ответ: 1) $3mg$; 2) $\frac{3\mu mg}{2}$; 3) $\sqrt{\frac{2Sm}{2F - 3\mu mg}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано: $t_0 = 27^\circ \text{C}$
 $P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$
 $M = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$
 $\rho_v = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
 $\gamma = 5,6$

1) $PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow P = \frac{m}{V \cdot M} RT = \frac{\rho_n}{M} RT \Rightarrow$
 $\Rightarrow \rho_n = \frac{PM}{RT} = \frac{3550 \cdot 18}{8,3 \cdot 300} \approx 25,66 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 0,00002566 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
 $\frac{\rho_n}{\rho_v} = 0,00002566$

2) $PV = \frac{m}{M} RT$. $R = \text{const}$, $T = \text{const}$, $M = \text{const}$, $P = \text{const} \Rightarrow$
 $P \frac{V}{\gamma} = \frac{m}{\gamma M RT} \Rightarrow m_n = \frac{m}{\gamma}$
 $m_v = m - m_n = \frac{\gamma m - m}{\gamma} = \frac{(\gamma - 1)m}{\gamma}$
 $V_v = \frac{m_v}{\rho_v} = \frac{(\gamma - 1)m}{\gamma \rho_v}$
 $V_n = \frac{m_n}{\rho_n} = \frac{m}{\gamma \rho_n}$

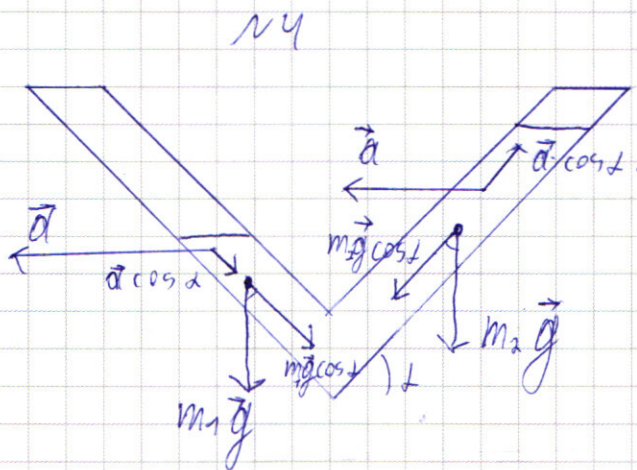
$\frac{V_n}{V_v} = \frac{\frac{m}{\gamma \rho_n}}{\frac{(\gamma - 1)m}{\gamma \rho_v}} = \frac{\gamma \rho_v m}{(\gamma - 1)m \gamma \rho_n} = \frac{\rho_v}{(\gamma - 1) \rho_n}$

$\frac{\rho_n}{\rho_v} = 0,00002566 \Rightarrow \frac{\rho_v}{\rho_n} \approx 40000$

$\frac{V_n}{V_v} = \frac{\rho_v}{(\gamma - 1) \rho_n} \approx 8700$

Ответ: 1) 0,00002566; 2) 8700.

Дано: $\alpha = 45^\circ$
 $a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $h_1 = 10 \text{ см}$
 $h_2 = ?$
 $V = ?$



Пусть m_1 и m_2 - массы масла в левом и правом коленах соответственно. Тогда

$$m_1 \cdot \cos \alpha (g + a) = m_2 \cdot \cos \beta (g - a).$$

$$14 m_1 = 6 m_2$$

$$14 \rho V_1 = 6 \rho V_2.$$

$$14 S \cdot h_1 = 6 S \cdot h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{14 h_1}{6} \approx 23,3 \text{ см.}$$

2) После того как пробка станет двигаться равномерно и когда уровни масла сравняются, то и масла, и пробка будут двигаться с одинаковой скоростью $\Rightarrow V = 0$.

Ответ: 1) 23,3 см; 2) 0 $\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

а)

$$v_1 = v_0 \cdot \cos 30^\circ$$

$$v_2 = v_0 \cdot \sin 30^\circ$$

$$2v_0 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

$$4v_0^2 = v_1^2 + v_2^2$$

$$v_1 = \sqrt{4v_0^2 - v_2^2} = v_0 \cdot \sqrt{3,25}$$

$$v_2 = v_0 \cdot \sqrt{3,25}$$

$$v_0 \cdot \sin 30^\circ t + \frac{gt^2}{2} = v_0 \cdot \sqrt{3,25}$$

$$0,5v_0 t + 5t^2 = v_0 \sqrt{3,25}$$

$$D = 0,25v_0^2 - 4 \cdot 5 \cdot v_0 \sqrt{3,25} = 0,25v_0^2 - 20\sqrt{3,25}v_0$$

$$v_0 \sin 30^\circ t + \frac{gt^2}{2} = 1,8v_0$$

$$v_0 \cdot \sin 30^\circ t + gt = 1,8v_0$$

$$5t + 10t = 18 \quad t = \frac{18}{15} = 1,2 \text{ с.}$$

$$v_0 \cdot \sin 30^\circ + gt = 1,8v_0$$

$$18 - 5 = 10t$$

$$t = 1,3 \text{ с.}$$

$$h = -v_0 \sin 30^\circ \frac{18^2 - 5^2}{20} = \frac{324 - 25}{20} = 15 \text{ м.}$$

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2} = 18 + 5 \cdot 1,69 = 28,45$$

$$h = 6,5$$

$$\alpha_y = \frac{v^2}{r}$$

$$\alpha_y = \omega^2 r$$

$$v = \omega \cdot r$$

$$m(\alpha_y^2 + g^2) = mg$$

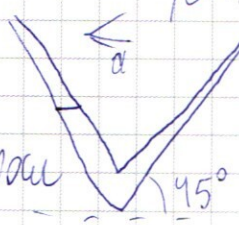
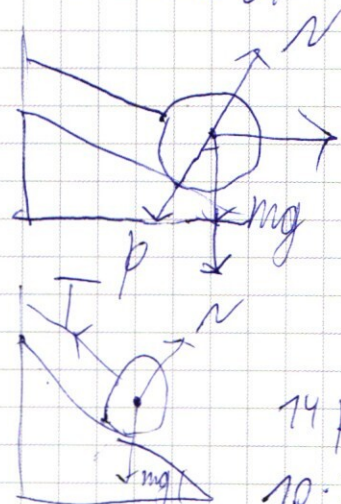
$$14 \text{ Н}$$

$$10 \cdot 2 \frac{1}{3}$$

$$mg \cos \alpha = 4 \cdot \cos \alpha =$$

$$mg \cos \alpha + 4 \cdot \cos \alpha =$$

$$(m_1 - m_2)g \sin \alpha = 8 \text{ Н}$$



$$2F_0 = 3mg/m$$

$$\begin{array}{r} 355 \\ \times 3 \\ \hline 1065 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 83 \\ \times 5 \\ \hline 415 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10650 \overline{) 415} \\ 830 \overline{) 25,662} \\ \hline 2350 \\ 2075 \\ \hline 2750 \\ 2490 \\ \hline 2600 \\ 2490 \\ \hline 1100 \end{array}$$

$$F_0 t = \rho \cdot \Delta m \cdot v_1$$

$$t(F - 3mg) = m_1 v_1$$

$$t = \frac{F - 3mg}{m_1 v_1}$$

$$s = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow t = \frac{v}{g}$$

$$s = \frac{v^2}{2g} \quad t = \frac{v}{g}$$

$$F = \rho \cdot m$$

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

$$\begin{array}{r} 10 \\ 5,6 \overline{) 5,6} \\ \hline 5,6 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ 5,6 \overline{) 5,6} \\ \hline 5,6 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$F_{\text{пр.о.}} = 2F_0$$

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$$

$$p = \frac{RT}{V}$$

$$p = \frac{RT}{V}$$

$$T = 300K$$

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

$$\frac{H}{m} = \frac{\text{моль} \cdot R \cdot K}{m^3}$$

$$H = \frac{m \cdot m}{c^2}$$

$$p = \frac{mRT}{M \cdot V} = \frac{\rho RT}{M}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT} = \frac{355 \cdot 18}{8,37 \cdot 300}$$



$$m_1 = \frac{m_0}{5,6}$$

$$m$$

$$\frac{V}{5,6} = \frac{m}{\rho}$$

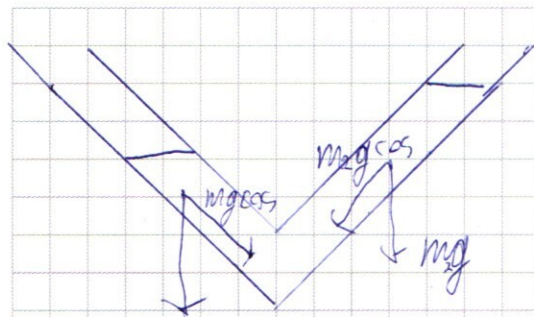
$$\begin{array}{r} 355 \\ \times 18 \\ \hline 2840 \\ + 3550 \\ \hline 6390 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12730 \overline{) 837} \\ 2546 \\ \hline 5824 \\ 5880 \end{array}$$

$$m - \frac{m}{5,6} = \frac{4,6m}{5,6}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



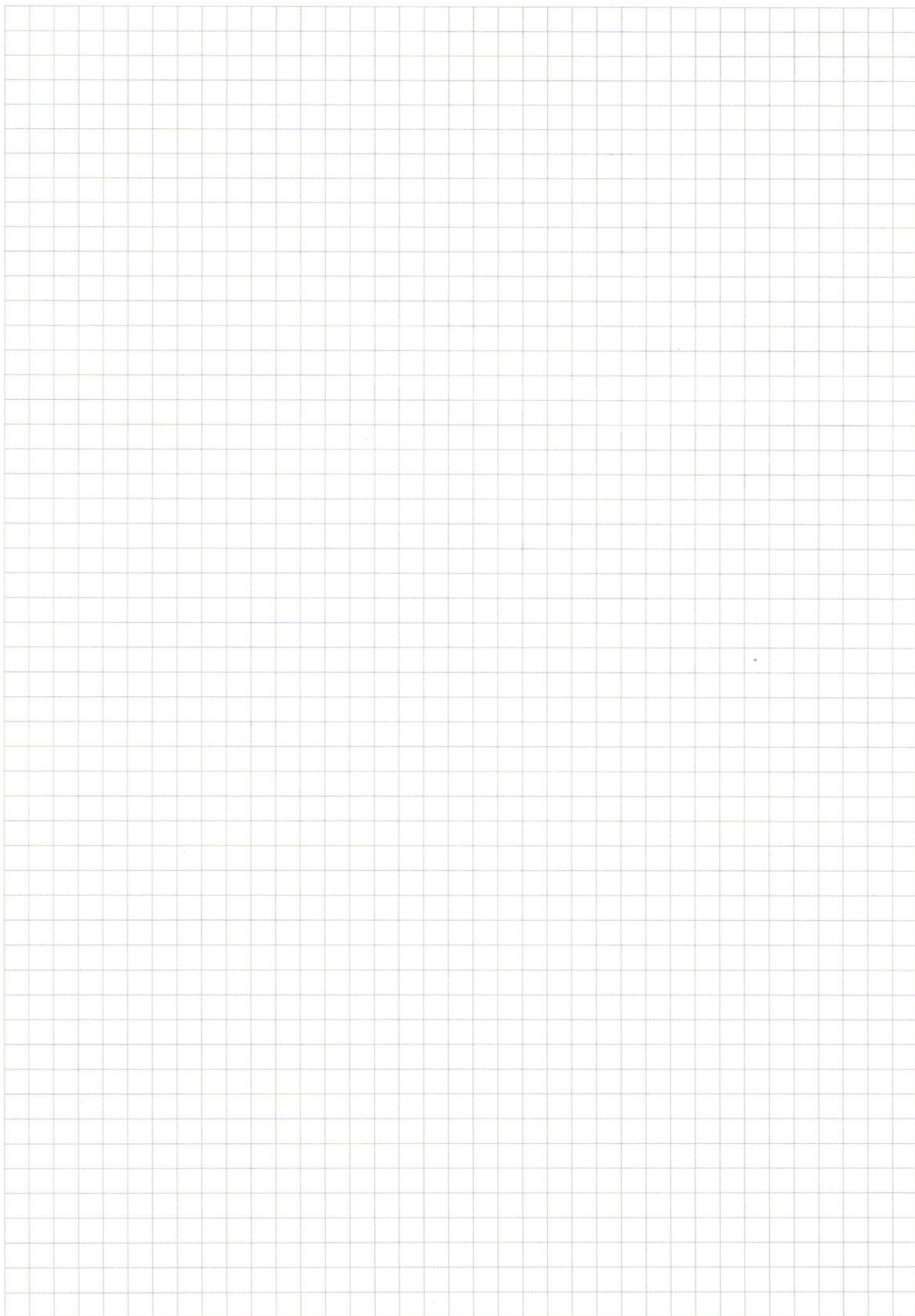
$$p = \alpha \cdot \cos \cdot m.$$

$$m_1 g \cos \alpha + \alpha \cos m_1 = m_2 g \cos \beta - \alpha \cos \beta.$$

$$m_1 (\alpha + g) = m_2 (g - \alpha).$$

$$h_1 \cdot 14 = h_2 \cdot 6.$$

$$h_2 = \frac{h_1 \cdot 14}{6} = \frac{140}{6} = 23,33$$





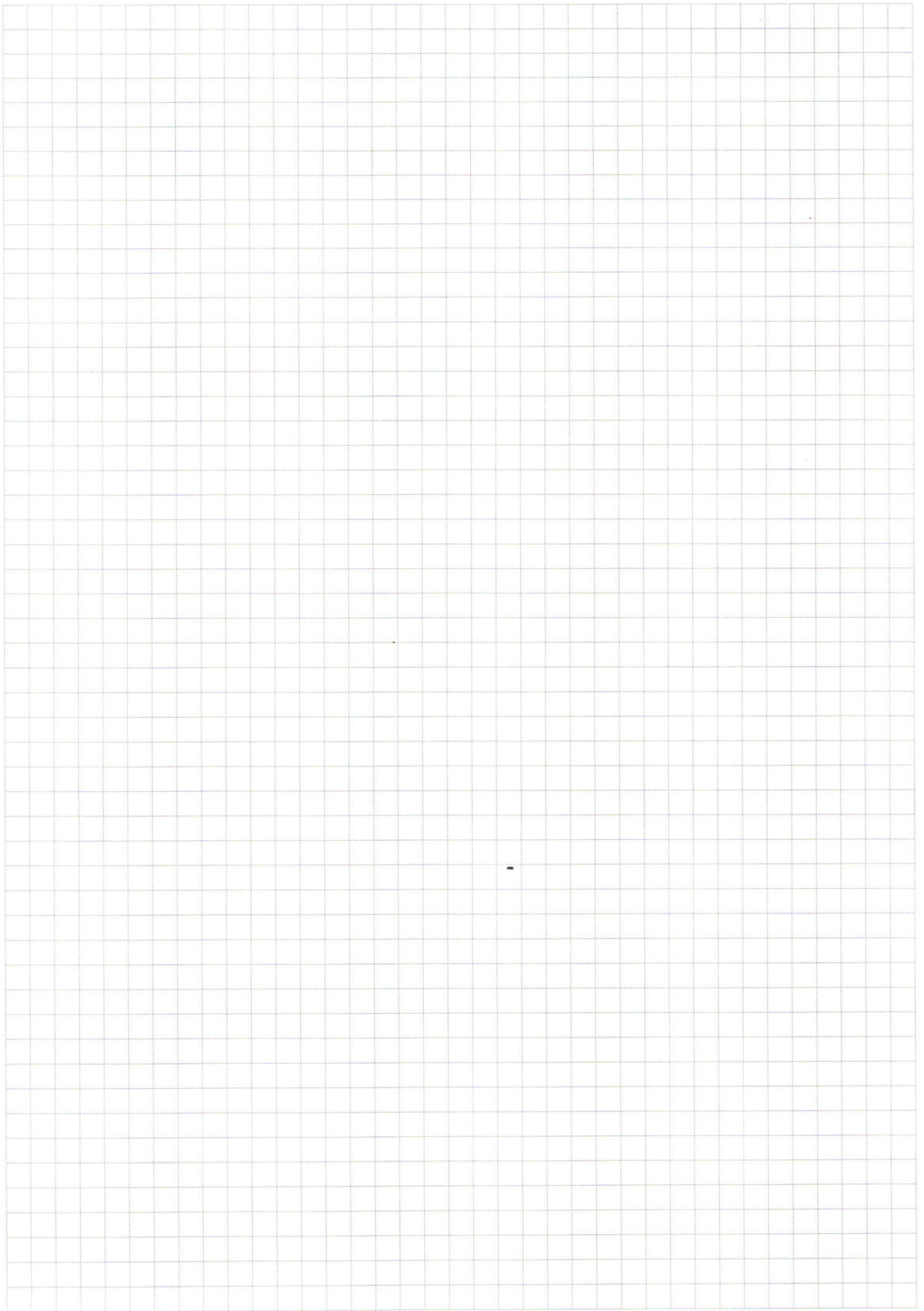
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)