

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

✓ 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?

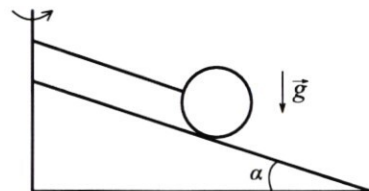
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

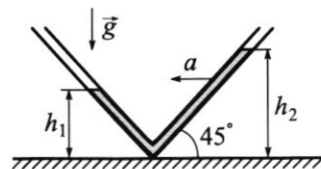


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.



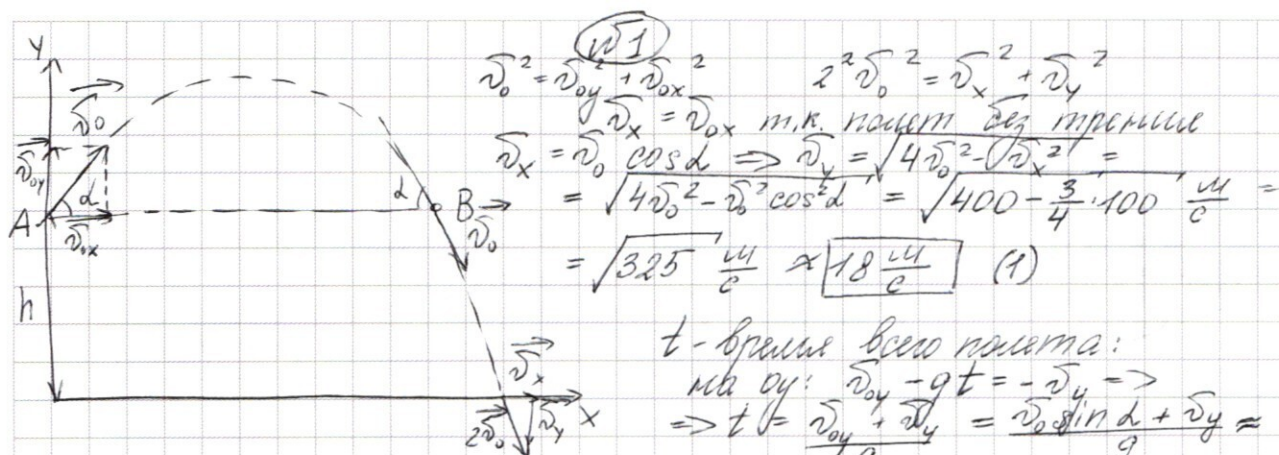
✓ 5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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.

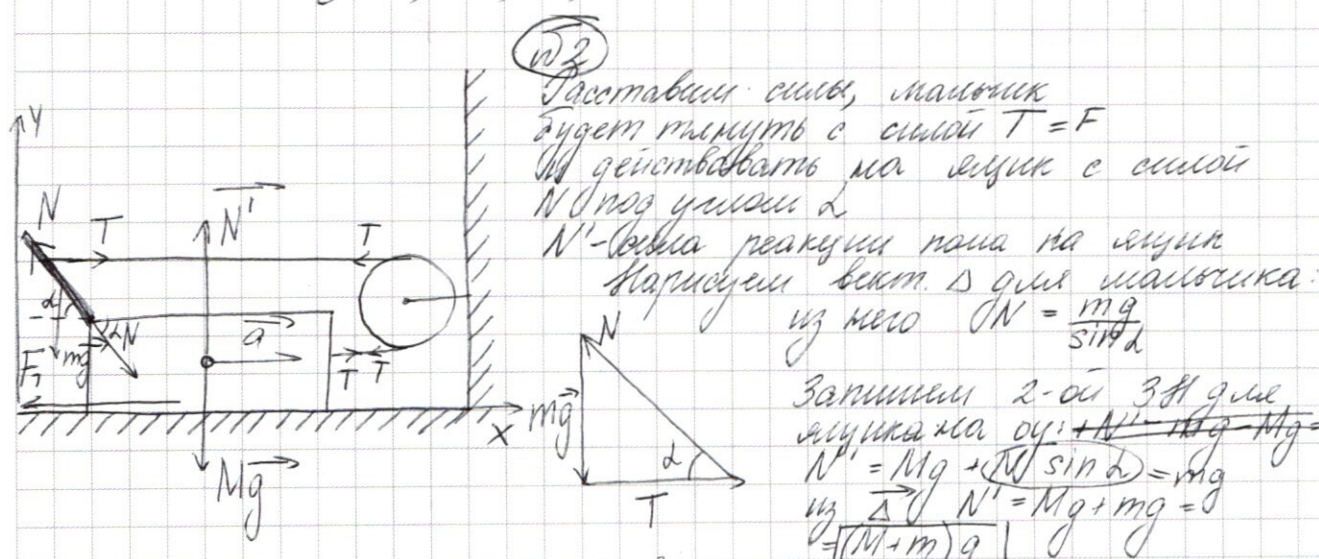
Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



В силу симметрии $v_x(A) = v_x(B)$, а $v_y(A) = -v_y(B)$, тогда h (от B до парения):
 $h = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g} = \frac{325 - 100}{20} м = \frac{225}{20} м = 11,25 м$ (3)

Ответ: $18 \frac{м}{с}$; $2,3 с$; $11,25 м$



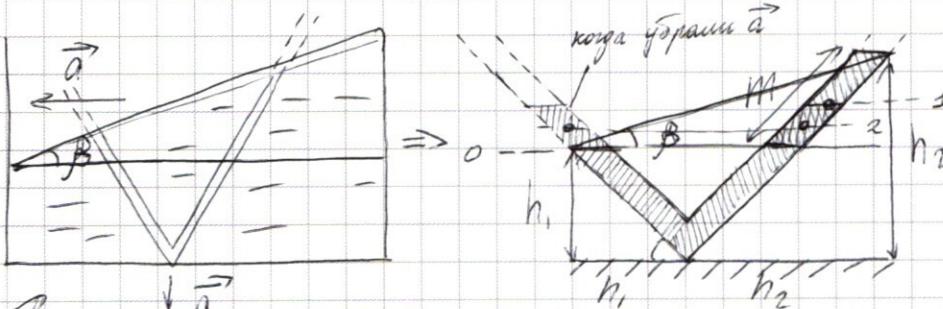
Запишем 2 ЗН для мячика, выходящего из состояния покоя:
 по ох: $F_T = N \cos \alpha + T = mg \cot \alpha + T$
 $F_T = N' M = (M+m)mg \Rightarrow T = \mu mg + \mu Mg - mg \cot \alpha$

$T_{min}: T = 0 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$ / при этом от оси, параллельной поб-сти -135°
 (от $\alpha = -135^\circ$)

$$T_{min} = \mu g / (M+m) + mg = F_0$$

Если приложена $F > F_0$ $N = F$; $N' = mg \Rightarrow$
 $\Rightarrow N' = (m+M)g \Rightarrow F_T = \mu g (m+M) = 2F$ $N' = \text{const}$
 $ma = F - N \cos \beta \Rightarrow N \cos \beta = -ma + F$
 $Ma = F + N \cos \beta - F_T = 2F - ma - \mu N' = 2F - ma - \mu g (m+M) \Rightarrow$
 $\Rightarrow a = \frac{2F - \mu g (m+M)}{M+m}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



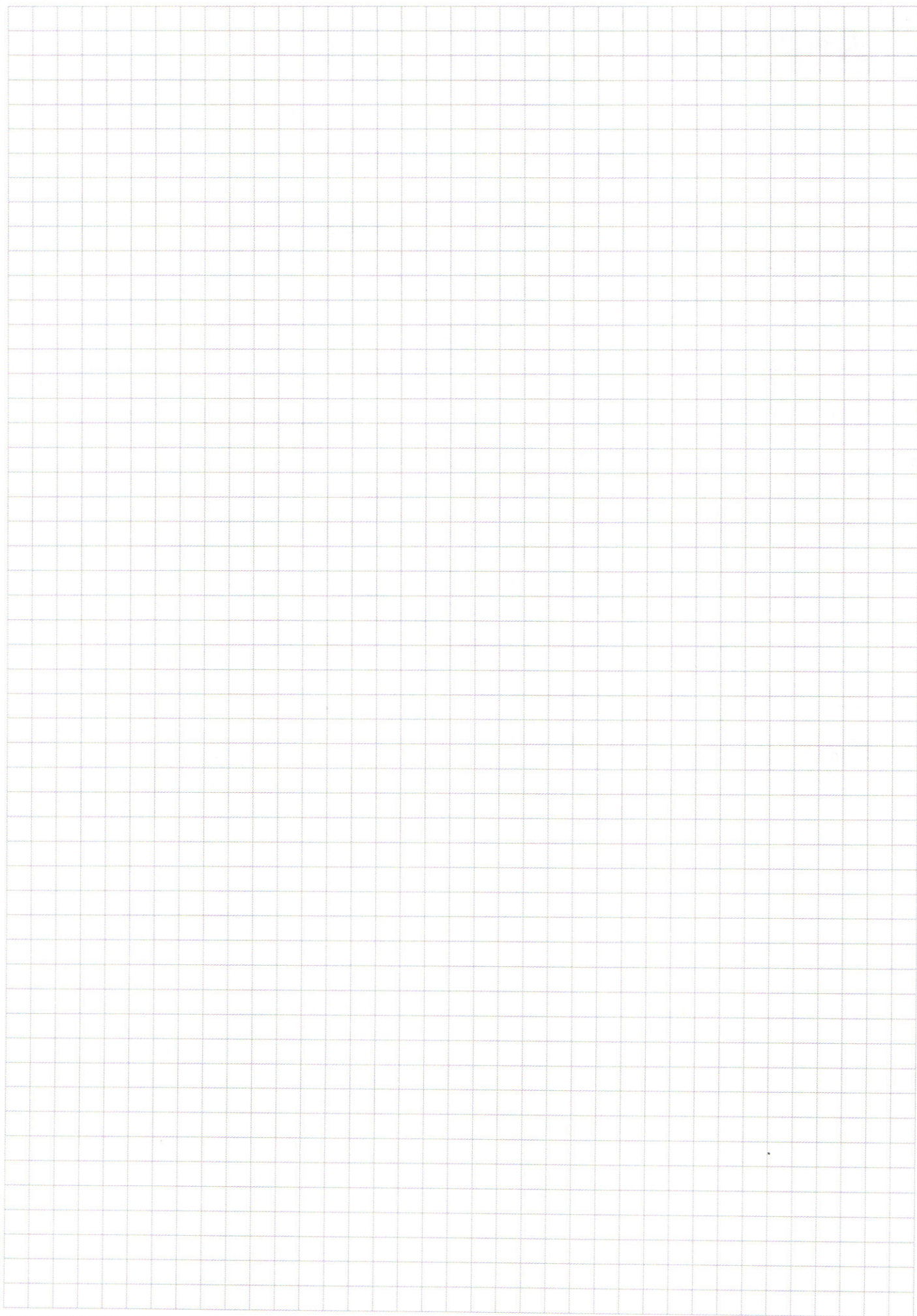
Площадь скатки считаем
прямоугольной площадью в таком случае $\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{4 \frac{m}{c^2}}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{4}{10} \Rightarrow$
 $\Rightarrow 40 h_2 - 40 h_1 = 4 h_2 + 4 h_1 \Rightarrow 6 h_2 = 44 h_1 \Rightarrow$
 $\Rightarrow h_2 = \frac{11}{3} h_1 \Rightarrow h_2 = \frac{70}{3} \text{ см} = 23,3 \text{ см}$

После начала равномерного движения, в системе появится
избыточная энергия, пусть m — масса ступенчатого
столбика массы, запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{mg(h_2 - h_1)}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{mg(h_2 - h_1)}{2} \Rightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{mg(h_2 - h_1)}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{g(h_2 - h_1)}{2} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 9,8}{3 \cdot 2} \frac{m}{c} =$$

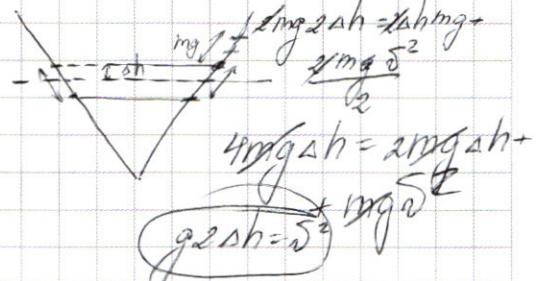
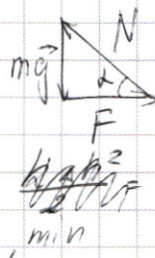
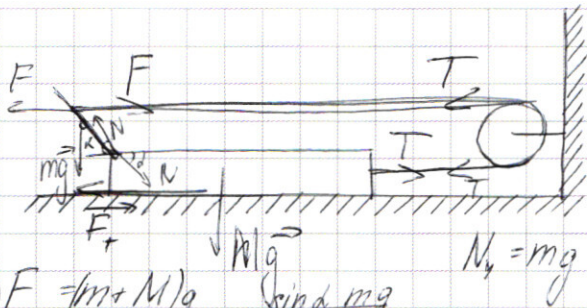
$$= \sqrt{\frac{4}{6}} \frac{m}{c} = \frac{2}{\sqrt{6}} \frac{m}{c} \approx \frac{2}{2,44} \frac{m}{c} \approx 0,85 \frac{m}{c}$$

Ответ: 23,3 см; 0,85 $\frac{m}{c}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$$1) F = (m+M)g \quad (\sin \alpha \cdot mg)$$

$$F_T = \mu(Mg + N \sin \alpha) = N \cos \alpha + T = N \cos \alpha + F = N \cos \alpha + N \cos \alpha = 2N \cos \alpha = \frac{2 \cos \alpha \cdot mg}{\sin \alpha} = 2mg \operatorname{tg} \alpha$$

$$\mu Mg + \mu N \sin \alpha - N \cos \alpha = T \quad N = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

$$(\mu Mg + \mu mg - mg \operatorname{ctg} \alpha) = (T)'$$

$$T = mg \operatorname{ctg} \alpha = 0$$

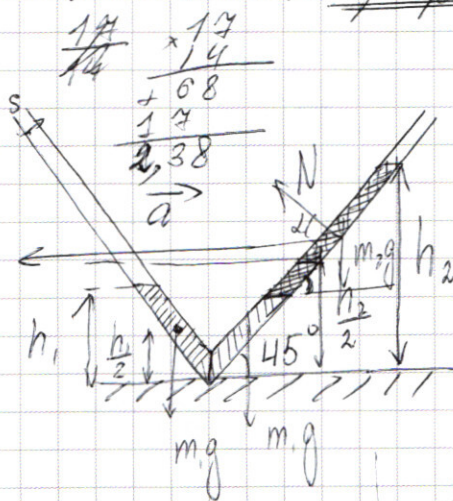
$$F_{\min} = \mu g(M+m) - mg = \#$$

$$= \mu Mg + \mu mg - mg = \mu Mg + mg(\mu - 1)$$

$$(\cos \alpha)' = (\operatorname{ctg} \alpha)' \quad -\frac{\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} = -2 \sin \alpha - 1 - \operatorname{ctg} \alpha = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \operatorname{ctg} \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

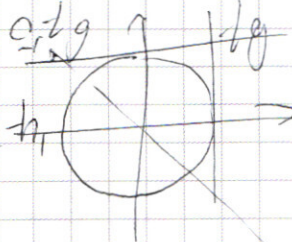
$$-mg(1 + \operatorname{tg} \alpha)$$



$$m_2 a = m_2 N \cos \alpha \Rightarrow N = \frac{m_2 a}{\cos \alpha}$$

$$N \sin \alpha = mg \Rightarrow N = \frac{m_2 g}{\sin \alpha}$$

$$m_2 = \frac{(h_2 - h_1) \cdot \rho}{\sin \alpha}$$



$$\frac{k \Delta h^2}{2} \quad \Delta h = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

$$\frac{3 \cdot 8}{2} = 12$$

$$x^2 = 600$$

$$F = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{1}{4} \quad 3,55 \times 10^3 \times 18 \times 4,6$$

$$\frac{50}{3}$$

$$\frac{831}{100} \quad 3h_2 = 5h_1$$

$$8,31 \cdot 0,17$$

$$16,3$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Problem 1: Projectile Motion

Diagram: A projectile is launched from height h with initial velocity v_0 at an angle α to the horizontal. The horizontal velocity is v_{0x} and the vertical velocity is v_{0y} . The horizontal distance is x and the vertical distance is y .

Equations:

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_{0x} + \vec{v}_{0y}, \quad v_{0x} = \text{const} = v_0 \cos \alpha$$

$$4v_0^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_y^2 \Rightarrow v_y = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - \frac{3}{4} \cdot 100} = \sqrt{400 - 75} = \sqrt{325} \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}} = v_y$$

Time of flight:

$$v_{0y} - gt = -v_y$$

$$v_0 \sin \alpha - gt = -v_y$$

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha + v_y}{g} = \frac{5 + 18}{10} = 2,3 \text{ c}$$

Horizontal distance:

$$x = v_{0x} t = v_0 \cos \alpha t = 5 \cdot 2,3 = 11,5 \text{ м}$$

Problem 2: Rotational Motion

Diagram: A sphere of radius R is on an inclined plane at angle α . The forces acting on it are tension T , normal force N , and gravity mg . The angular acceleration is α_y .

Equations:

$$T + N + mg = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$T = mg \sin \alpha$$

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

$$\alpha_y = \frac{v}{R} = \frac{\omega R}{R} = \omega^2 R$$

Problem 3: Thermodynamics

Diagram: A piston-cylinder system with a piston of mass m and area S . The gas pressure is P and the external pressure is P_0 . The volume is V .

Equations:

$$P = \frac{P_0}{\gamma} \frac{RT}{T_0}$$

$$P_0 = P \gamma \frac{RT_0}{RT}$$

$$\frac{P_0}{P} = \frac{3,55 \times 10^5 \text{ Па} \cdot 18 \text{ К}}{8,31 \times 300 \text{ К} \cdot 10^3} = \frac{3,55 \times 10^5 \times 18}{8,31 \times 300 \times 10^3} = \frac{3,55 \times 6}{8,31 \times 10^3}$$

Problem 4: Fluid Mechanics

Diagram: A U-tube manometer with a liquid of density ρ and a gas of density ρ_g . The height difference is h .

Equations:

$$\rho h = \rho_g h$$

$$h = \frac{\rho_g}{\rho} h$$



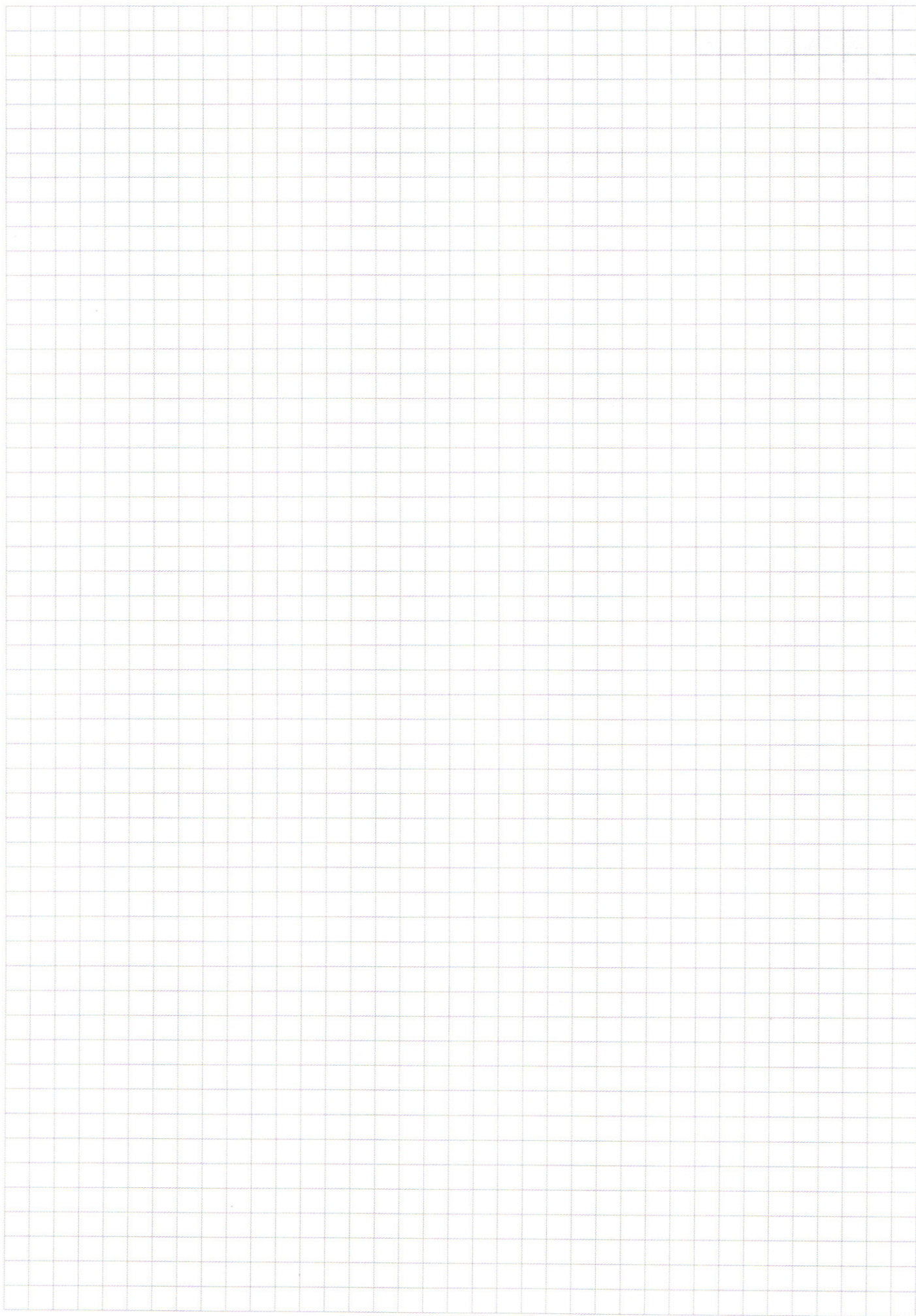
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



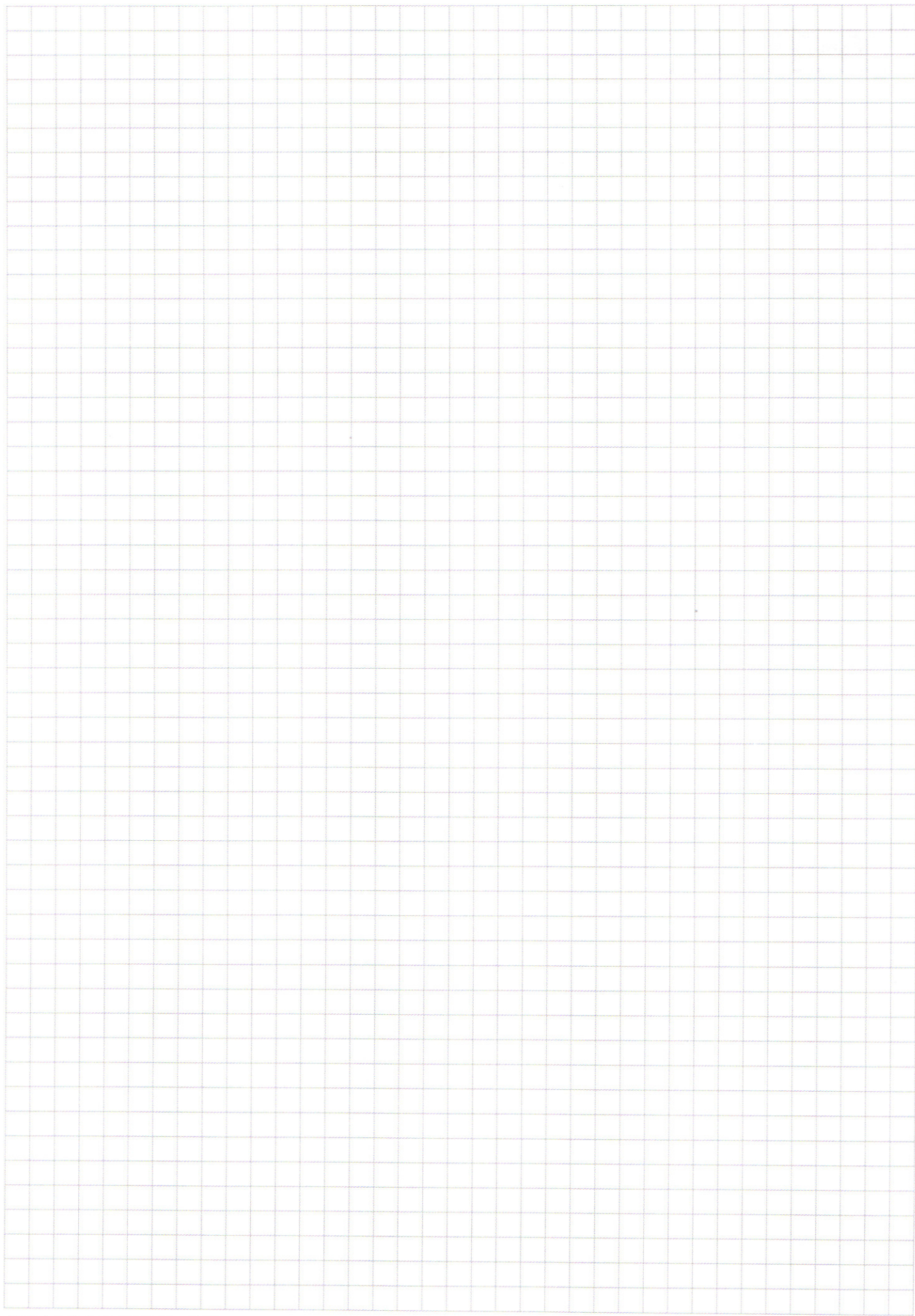
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)