

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

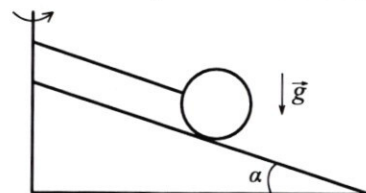
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

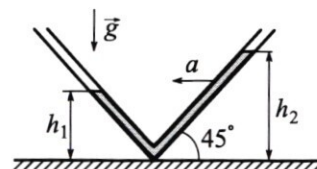


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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 Пусть v_y - верт. компонента скорости в момент падения;
 t - время полёта; h - высота броска. Введём прямоуголь-
ную систему координат с началом в точке броска и осью
 Oy , направленной вниз (Рис. 1):

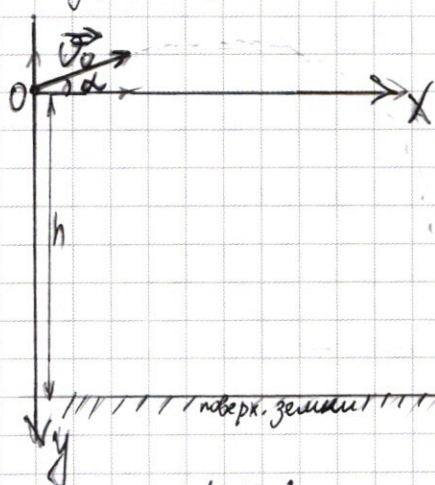


рис. 1

Пусть $\vec{v}$ - вектор скорости шайки в момент
падения. Представим векторы $\vec{v}_0$ и $\vec{v}$ как
суммы векторов, параллельных осям:

$\vec{v}_0 = v_{0x} \vec{e}_x + v_{0y} \vec{e}_y$; $\vec{v} = v_x \vec{e}_x + v_y \vec{e}_y$. По т. Пифагора
модули $|v_{0x}|$ и $|v_{0y}|$ будут равны:

$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ и $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ соответственно.

Заметим, что проекция скорости на ось Ox
будет неизменной, т.к. единственная приложенная сила (тяжести)
перпендикулярна ей, а значит, горизонтальная составляющая
вектора скорости в конце падения по модулю будет равна v_{0x} .

Найдём вертикальную составляющую по т. Пифагора:

$$v_y = \sqrt{(2v_0)^2 - (v_0 \cos \alpha)^2} = \frac{40\sqrt{13}}{2} \text{ м/с} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}.$$

Рассмотрим изменение проекции скорости на ось Oy : v_{0y} имеет
отрицательное значение, v_y - положительное, ускорение g . Отсюда время:
 $t = \frac{\Delta v}{g} = \frac{v_y - (-v_{0y})}{g} = \frac{5(\sqrt{13}+1)}{10} \text{ с} = \frac{\sqrt{13}+1}{2} \text{ с}$, где Δv - изменение скорости.

На момент достижения высоты h во второй раз проекция скорости была
равна $+v_{0y}$, отсюда $h = t v_{0y} \sin \alpha + 0,5 g t^2 = 40 + 10\sqrt{13} \text{ м}$.

Ответ: 1) $v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$; 2) $\frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} + \sin \alpha)}{g} = \frac{\sqrt{13}+1}{2}$; 3) $\frac{v_0^2 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} + \sin \alpha)^2}{2g} + g \frac{(\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} + \sin \alpha)^2}{2} = 40 + 10\sqrt{13} \text{ м}$.

③ Покажем на Рис. 2 силы, действующие на шар в I случае и введём прямоугольную систему координат: Ox парал. линии наклонной

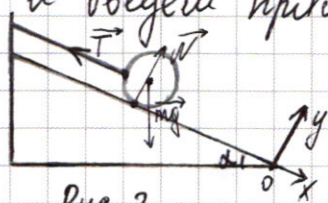


Рис. 2

mg - сила тяжести; N - сила реакции наклонной пл-ти, равная по модулю искомой силе F по III Закону Ньютона.

T - сила натяжения нити. Т.к. система находится в равновесии, равнодействующая сил равна 0. Представим II Закон Ньютона для проекций сил на ось Oy : $0 = N \cdot \cos \alpha - mg \cdot \cos \alpha \Rightarrow$

$$N = mg \cdot \cos \alpha \Rightarrow F = mg \cos \alpha.$$

Во II случае на шар действует центростремительная сила

$F_{\text{ц}} = ma_{\text{ц}} = m \cdot \omega^2 (L \cdot \cos \alpha + R)$, где $a_{\text{ц}}$ - центростремительное ускорение, $(L \cdot \cos \alpha + R)$ - радиус окружности, по кот. движется шар. $F_{\text{ц}}$ направлена параллельно горизонту, т.е. под углом α к оси Ox .

Тогда уравнение для проекций на Oy : $0 = N \cos \alpha - mg \cos \alpha + m \omega^2 (L \cos \alpha + R) \sin \alpha \Rightarrow$
 $\Rightarrow F = N = m(g \cos \alpha + \omega^2 (L \cos \alpha + R) \sin \alpha).$

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

② При приложении минимальной силы F_0 движение будет равномерным, значит, равнодействующая следующих сил равна 0:

mg - сила давления человека на ящик; $Mg = 2mg$ - сила тяжести, д. на ящик;
 N - сила реакции пола на ящик; $F_{\text{тр}} = \mu N$ - сила трения ящика об пол; F_0 .

Параллельно полу приложены силы: $0 = F_0 - F_{\text{тр}} \Rightarrow F_0 = \mu N$ условие

Перпендикулярно полу: $0 = mg + Mg - N \Rightarrow N = 3mg$ равномерного движения.

Отсюда сила давления на пол равна силе противодействия N :

$$F_{\text{пол}} = N = 3mg; \text{ сила } F_0 = \mu N = 3\mu mg.$$

При приложении силы F равнодействующая сил, параллельных полу, будет равна $am = F - F_{\text{тр}}$, где $a = \frac{F - 3\mu mg}{m}$ - ускорение ящика.

ал.стр. 3 $\rightarrow$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Двигаясь с постоянным ускорением, человек едвинется на расстояние S за время t при: $S = 0,5at^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$.

Ответ: 1) 3 м ; 2) $3,1 \text{ м}$; 3) $\sqrt{2S/(F-3mg)}$.

4) Пусть m_1 - масса масла в первом колене (с высотой h_1), m_2 - масса в другом колене. При площади поперечного сечения трубки S и плотности масла ρ : $m_1 = \rho l_1 S$, $m_2 = \rho l_2 S$, где l_1 и l_2 - длины частей трубок, занятые маслом, в первом и втором колене соответственно.

Отсюда $m_1 : m_2 = l_1 : l_2 = h_1 \cdot \cos 45^\circ : h_2 \cdot \cos 45^\circ = h_1 : h_2$.

Силы, действующие на масло вдоль направления трубки, равны для обеих частей: $m_1 g \cos \alpha + m_1 a \cos \alpha = m_2 g \cos \alpha - m_2 a \cos \alpha$, отсюда получаем: $m_1 / m_2 = \frac{g-a}{g+a} \Rightarrow h_2 = h_1 \frac{g+a}{g-a} \approx 23,33 \text{ см}$.

Сила, толкающая жидкость вдоль трубки, будет сообщать ей ускорение, равное $a_0 = g \frac{h_2 - h_1}{h_1}$. С таким ускорением расстояние до точки равновесия $l = \frac{l_1 + l_2}{2}$ он пройдет с изменением скорости от 0 до $V \Rightarrow \frac{\cos \alpha (h_1 + h_2)}{2} = \frac{V^2 h_1}{2g(h_2 - h_1)} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{g(h_2^2 - h_1^2) \cos \alpha}{2h_1}}$.

Ответ: 1) $h_1 \frac{g+a}{g-a} \approx 23,33 \text{ см}$

2) $\sqrt{\frac{g(h_2^2 - h_1^2) \cos \alpha}{2h_1}} \approx 15 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

⑤ Пусть ρ_0 - плотность пара, $\bar{v}$ - кол-во воды (вещ-ва H_2O) в цилиндре, V_0 - начальный объём цилиндра; T - заданная температура.

$$\rho_0 = \frac{m \bar{v}}{V_0} = \frac{m \bar{v} P}{T R \bar{v}} = \frac{m P}{T R} = \frac{4}{277} \text{ кг/м}^3 \Rightarrow \rho_0 / \rho = \frac{4}{277000} - \text{отношение плотностей.}$$

(R - газовая постоянная)

$$\text{Отношение объёмов: } (V_0 / 8) : (V_0 (1 - \frac{1}{8}) \frac{\rho_0}{\rho}) = 510217$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{m P}{T R} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{277}; 2) \frac{P T R}{m P (8-1)} = 510217.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\vec{v}_0$
 $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$
 $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$

$v = 2v_0 = gt - v_0 \sin \alpha \Rightarrow t = \frac{v_0(2 + \sin \alpha)}{g}$
 $h = -v_0 \sin \alpha t + 0.5gt^2$
 $v_{\text{wind}} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$

horrible kids
horrible kids
horrible kids
look what you did!

$N = mg \cos \alpha$
 $T = mg \sin \alpha$
 $a_{\text{us}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$
 $R = L + R$

$mg = T \sin \alpha + N \cos \alpha$
 $T \cos \alpha = N \sin \alpha$
 $N = T \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha}$
 $T \left(\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} + \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right) = \frac{mg}{\cos \alpha}$
 $T \left(\frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\sin \alpha \cos \alpha} \right) = \frac{mg}{\cos \alpha}$
 $T \left(\frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha} \right) = \frac{mg}{\cos \alpha}$
 $T = mg \sin \alpha \cos \alpha$

$N = mg \cos \alpha + a_y \sin \alpha \times 8.3$
 $T = m(g \sin \alpha - a_y \cos \alpha)$
 $\frac{18}{63} \times \frac{3}{24.9} \times 10^2 = \frac{23}{69} \times \frac{23}{69} = \frac{529}{4761}$

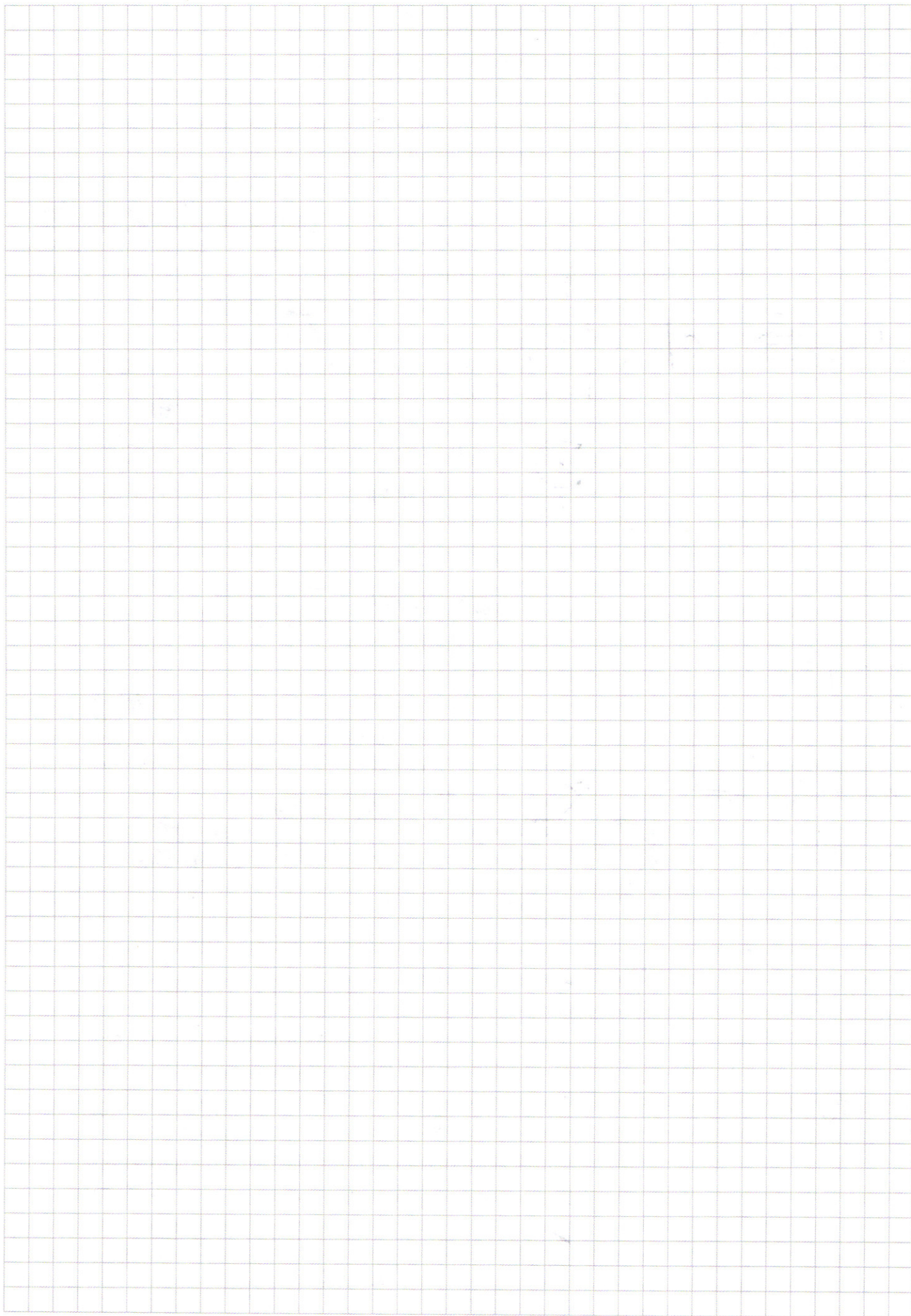
$P_0 V_0 = P V_0 / \gamma$
 $p = \frac{m}{V} = \frac{\mu N}{V} = \frac{P \mu}{TR}$
 $p = nkT$

$6:14$
 $3:7$
 $5:5$
 $16.5\sqrt{2} + 10\sqrt{2} = 3$
 $= 0.5 \frac{F}{m} t^2$
 $= \frac{m v^2}{F}$

$0 = F_c \sin \frac{\pi}{4} + m_1 \sin \frac{\pi}{4} - m_2 \sin \frac{\pi}{4}$
 $0 = N_1 + m_1 \sin \frac{\pi}{4} - F_c \sin \frac{\pi}{4} - m_2 \sin \frac{\pi}{4}$
 $0 = N_2 = m_2 \sin \frac{\pi}{4} - F_c \sin \frac{\pi}{4} - m_1 \sin \frac{\pi}{4}$
 $0 = F_c \sin \frac{\pi}{4} + m_2 \sin \frac{\pi}{4} - m_1 \sin \frac{\pi}{4}$

$N_1 - N_2 + m_1 a \sin \frac{\pi}{4} - m_2 g \sin \frac{\pi}{4} + m_2 a \sin \frac{\pi}{4} + m_2 g \sin \frac{\pi}{4} = 0$
 $a m_2 \sin \frac{\pi}{4} - m_2 g \sin \frac{\pi}{4} + a m_1 \sin \frac{\pi}{4} + m_1 g \sin \frac{\pi}{4} = 0$
 $\frac{63 \cdot 10^2}{24.9 \cdot 10^2} m_2 (a - g) + m_1 (a + g) = 0$
 $m_1 = \frac{m_2 (g - a)}{(g + a)}$
 $\frac{63}{249.3} = \frac{21}{831} = \frac{4}{247}$

$N_2 = h_1 / \sin \alpha$
 $l_2 = h_2 / \sin \alpha$
 $y mg = p l_1 g$
 $(1-y) mg = p l_2 g$
 $\frac{p g (l_2 - l_1)}{p l_1 l_2}$
 $0 = F_c + a m + m g$
 $0 = N_1 + a m - F_c - m g$
 $0 = N_2 - 1$
 $\frac{831}{247} \times \frac{3}{3} = \frac{40}{3} \text{ cm}$
 $\frac{277000}{4.6} = 60000$
 $\frac{33.3}{1.4}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

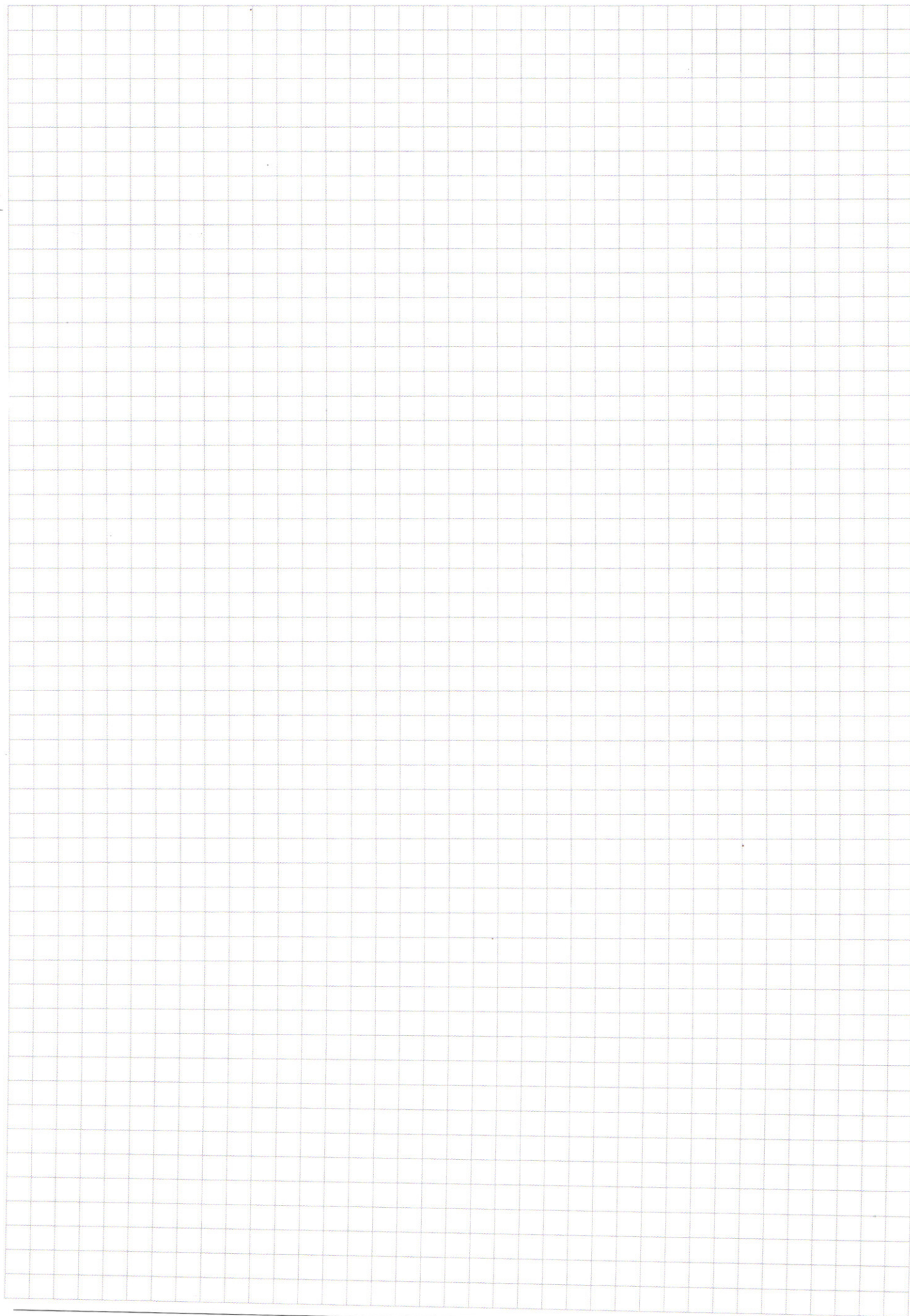
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) Вода начинает конденсироваться, когда пар в поршне становится насыщенным. До этого момента при постоянной массе и агрегатном состоянии происходит уменьшение объема, а также увеличение плотности пара. К

$$\frac{18 \text{ г/моль} \cdot 3,55 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2}{300 \text{ К} \cdot 8,31}$$

$$\frac{1}{\gamma} \sqrt{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \frac{p_0}{p} = \frac{p}{p_0(\gamma-1)}$$

$$\begin{array}{r} 2770000 \quad | \quad 46 \\ 230 \\ \hline 47 \\ 40 \\ \hline 100 \\ 92 \\ \hline 80 \\ 46 \\ \hline 340 \end{array}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



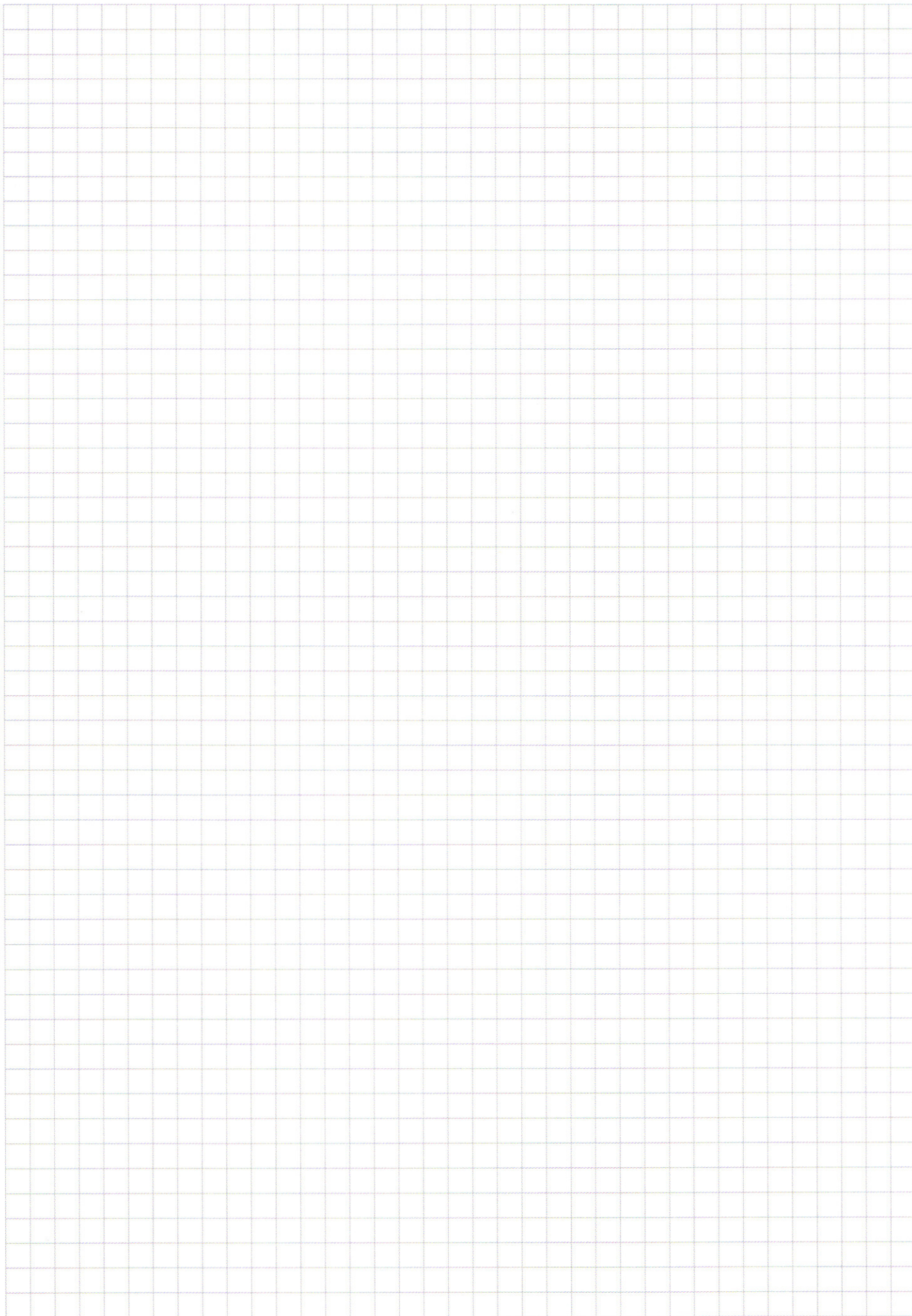
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)