

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?

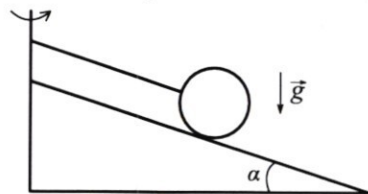
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

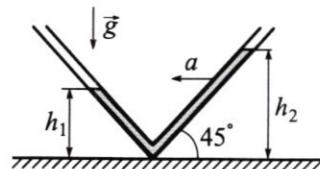


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.



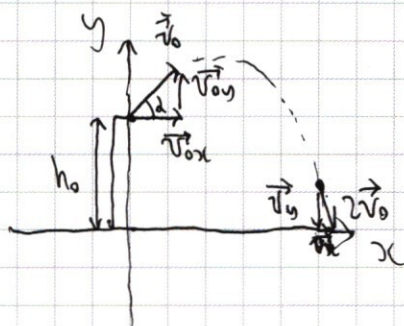
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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



№7.

Проведём оси x и y так, что вертикальная составляющая начальной скорости v_{0y} направлена вверх по y , а горизонтальная — вдоль ox ; v_x и v_y — горизонтальная и вертикальная составляющие скорости при падении на Землю.

1) П.к. сопротивление воздуха не учитывается, горизонтальная составляющая скорости не меняется; $v_x = v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$ ($\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$)

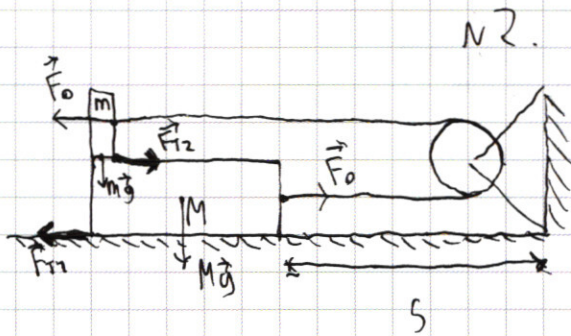
По т. Пифагора: $|\vec{v}_y| = \sqrt{(2v_0)^2 - v_x^2} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = v_0 \cdot \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} =$
 $= v_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{2} = \frac{v_0 \cdot \sqrt{13}}{2}$; т.к. $v_0 = 10 \frac{м}{с}$, $\sqrt{13} \approx 3,6$, $|\vec{v}_y| \approx \frac{10 \cdot 3,6}{2} = 5 \cdot 3,6 = 18 \left(\frac{м}{с} \right)$

2) $t = \frac{v_{0y} - v_y}{g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha - (-18)}{10}$ (v_y отрицательно, поскольку направлена против оси y)
 $t = \frac{10 \cdot \frac{1}{2} + 18}{10} = 2,3 (с)$

3) по закону сохранения энергии:

$mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(2v_0)^2}{2}$, где h_0 — высота, с которой была брошена камень
 $mgh_0 = 2mv_0^2 - \frac{mv_0^2}{2} = 1,5mv_0^2$
 $h_0 = \frac{1,5v_0^2}{g} = \frac{1,5 \cdot 100}{10} = 15 (м)$

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



1) $F_1 = mg + Mg = 3mg$ — сила давления человека с человеком на пол при движении.

2) Минимальный силой, с которой надо тянуть канат, чтобы передвинуть ~~человека~~ ^{человека}, будет такая сила F_0 , при действии которой сумма всех горизонтальных сил, действующих на человека, будет равна нулю:

$$\vec{F}_0 + \vec{F}_{12} + \vec{F}_{11} = 0$$

$F_{11} = F_0 + F_{12}$, где $F_{11} = \mu(m+M) \cdot g$ — сила трения между человеком и полом;

F_{12} — сила трения между человеком и человеком

П.к. человек относительно человека не движется, сумма горизонтальных сил, действующих на него, равна нулю $\Rightarrow F_{12} = F_0$

$$F_0 + F_0 = F_{11}$$

$$2F_0 = \mu \cdot 3m \cdot g$$

$$F_0 = \frac{3}{2} \mu m g$$

3) по II закону Ньютона при ускорении a ($F > F_0$):

$$F + F - F_{11} = (m+M) \cdot a$$

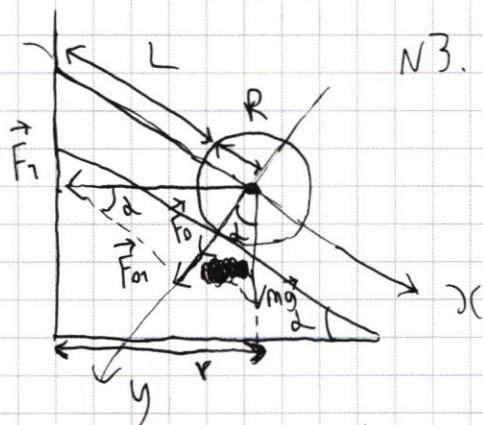
$$a = \frac{2F - F_{11}}{m+M} = \frac{2F - 3\mu m g}{3m}$$

Движение равноускоренное $\Rightarrow s = v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2}$; $v_0 = 0 \Rightarrow s = \frac{at^2}{2}$; $t^2 = \frac{2s}{a} \Rightarrow$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2s \cdot 3m}{2F - 3\mu m g}} = \sqrt{\frac{6sm}{2F - 3\mu m g}}$$

Ответ: 1) $3mg$ 2) $F_0 = \frac{3}{2} \mu m g$ 3) $t = \sqrt{\frac{6sm}{2F - 3\mu m g}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№3.

- 1) Проведём оси x и y (ось x перпендикулярна поверхности клина, ось y перпендикулярна ей) и разложим силу тяжести шара mg на 2 силы, направленные вдоль осей. Тогда F_0 ,

направленный вдоль оси y , и будет являться силой давления шара на клин в состоянии покоя.

$$F_0 = mg \cdot \cos \alpha$$

- 2) Поскольку шар не отрывается от клина при вращении вокруг вертикальной оси, шар движется по окружности радиуса r в горизонтальной плоскости и обладает центростремительным ускорением a_y , значит на него действует сила F_1 , направленная параллельно земле к оси вращения.

По II закону Ньютона: $F_1 = a_y \cdot m = \omega^2 \cdot r \cdot m$; $r = (L+R) \cdot \cos \alpha \Rightarrow F_1 = \omega^2 \cdot (L+R) \cdot m \cdot \cos \alpha$

Разложим F_1 на силы, направленные вдоль осей, тогда сила F_{01} , направленная вдоль Oy , идёт в сумме с F_0 силу давления F_2 шара на клин при вращении (шаром) ($F_{01} = F_1 \cdot \sin \alpha$)

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{01} + \vec{F}_0 \Rightarrow F_2 = F_{01} + F_0 = \omega^2 (L+R) m \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha + mg \cos \alpha = m \cdot \cos \alpha (\omega^2 (L+R) \sin \alpha + g)$$

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

н5.

1) для насыщенного пара в начальном состоянии справедливы параметры: $P = \frac{m \cdot R \cdot T}{\mu \cdot V_0}$, где m - начальная масса пара, V_0 - начальный объем пара, $T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

$m = \rho_n \cdot V_0$, где ρ_n - плотность пара в изохорном процессе

$$P = \frac{\rho_n \cdot V_0 \cdot R \cdot T}{\mu \cdot V_0} = \frac{\rho_n \cdot R \cdot T}{\mu} \Rightarrow \rho_n = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T} \quad (P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}, R \approx 8,3, \mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}})$$

$$\rho_n = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{8,3 \cdot 300} = \frac{18 \cdot 3,55}{830 \cdot 3} = \frac{63,9}{2490} \approx 0,025 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

$$P = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \Rightarrow \alpha = \frac{\rho_n}{P} = \frac{25 \cdot 10^{-3}}{1000} = \frac{25}{10^6} = \frac{1}{40000}$$

2) в момент, когда объем пара станет в $\gamma = 5,6$ раз меньше, его давление будет выразиться формулой:

$$P = \frac{(m - m_1) \cdot R \cdot T}{V_n \cdot \mu}, \text{ где } m_1 - \text{масса конденсировавшегося пара (масса воды)}$$

$$V_n - \text{объем пара } (V_0 = \gamma \cdot V_n)$$

$$m = \rho_n \cdot V_0 = \rho_n \cdot V_n \cdot \gamma; m_1 = \rho \cdot V_B \text{ где } V_B - \text{объем воды}$$

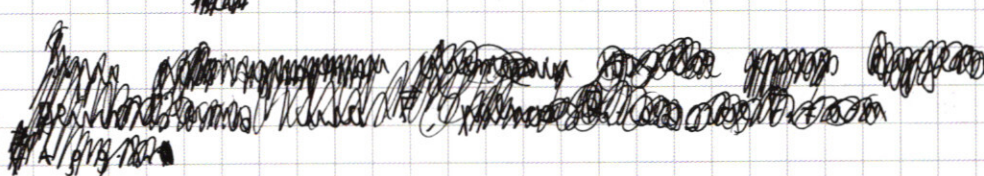
$$P = \frac{(\rho_n \cdot V_n \cdot \gamma - \rho \cdot V_B) \cdot R \cdot T}{V_n \cdot \mu} \Rightarrow \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho_n \cdot \gamma - \rho \cdot \frac{V_B}{V_n}$$

$$\rho_n = \rho \cdot \alpha \Rightarrow \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho \cdot \left(\gamma \cdot \alpha - \frac{V_B}{V_n} \right) \Rightarrow \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T \cdot \rho} = \gamma \cdot \alpha - \frac{V_B}{V_n}$$

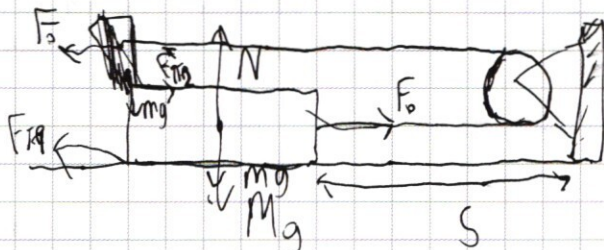
$$\frac{V_B}{V_n} = \gamma \cdot \alpha - \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T \cdot \rho} \Rightarrow \frac{V_n}{V_B} = \frac{1}{\gamma \cdot \alpha - \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T \cdot \rho}} = \frac{1}{0,00014 - 0,00025} = \frac{1}{-0,000115} =$$

$$= \frac{1}{1,15 \cdot 10^{-4}} = \frac{10^4}{1,15} \approx 8700$$

Ответ: 1) $\frac{1}{40000}$ 2) 8700



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $F_1 = mg + Mg = 3mg$ — сила давления груза на поверхность при
минимальной силе будет равна массе груза m и M ^{или F_0} ^{или $F_{тр}$}

2) ~~по I закону Ньютона~~ ~~для груза~~: ^{где F_0 — сила давления груза на поверхность, будет равна нулю}

~~$$F_{tr} + F_{tr2} + F_0 = 0$$~~

$$F_{tr} + F_{tr2} + F_0 = 0$$

$$F_{tr2} + F_0 = F_{tr}, \text{ где } F_{tr} = m(M+m)g$$

$F_{tr2} + F_0 = F_{tr}$, где F_{tr} — сила трения между грузом и полом;

F_{tr2} — сила трения между цилиндром и грузом;

Т.к. цилиндр относительно груза не движется,

приравняем ^{приравняем} силы на цилиндр относительно к нему, равна нулю $\Rightarrow F_{tr2} = F_0$

$$F_0 + F_0 = F_{tr}$$

$$2F_0 = m \cdot (M+m)g$$

$$F_0 = \frac{m \cdot 3m \cdot g}{2} = 1.5 m \cdot m \cdot g$$

3) по II закону Ньютона при приложении силы F ($F > F_0$):

$$F + F - F_{tr} = (m+M) \cdot a$$

$$a = \frac{2F - m(M+m)g}{m+M} = \frac{2F - 3m \cdot m \cdot g}{3m}$$

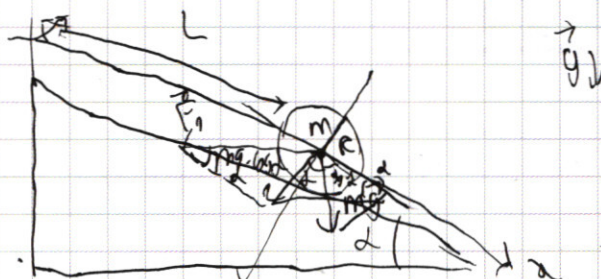
$$s = v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2}; v_0 = 0 \Rightarrow t^2 = \frac{2s}{a}; t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25 \cdot 3m}{2F - 3m \cdot m \cdot g}} = \sqrt{\frac{65m}{2F - 3m \cdot m \cdot g}}$$

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



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

N3.



(оно и направлена поперек оси z , ось y направлена по z и z по y)

Theoremen aus 1.4.4 und 1.4.5
 $E = \bigcup_{i=1}^{\infty} E_i$ und $E_i \cap E_j = \emptyset$ für $i \neq j$
 Dann gilt: $\mu(E) = \sum_{i=1}^{\infty} \mu(E_i)$

1) $F_0 = m \cdot g$ - вес тела в состоянии покоя

~~WIRTSCHAFTS UNIVERSITÄT WIEN~~

Поскольку мы не проводим отсюда сепарационный план, мы группируем по анализу ^{популяр} с

2) при образовании корня гипотоническая почва и обильном

центрирует внимание на ^{ав.} знании на него сформирован

сила F_1 , направленная перпендикулярно земле и от нее отбрасывается.

По 1 закону Ньютона:

$$F_1 = a_y \cdot m = \omega^2 \cdot r \cdot m ; r = (L+R) \cdot \cos \alpha \Rightarrow F_1 = \omega^2 \cdot (L+R) \cdot \cos \alpha \cdot m$$

~~Вопрос~~ Излучением F_1 на 2 цепи, направленные вправо от,

maka una F_{01} , nambahennas $\log_2 01$, nambahennas F_{01}

Будем ^{галактики} из галактики F_2 шага на K_{111} при вращении
матрицы!

$$F_{01} = F_1 \cdot \sin \alpha$$

$$F_2 = F_0 + F_{01} = mg \cdot \cos 2 + \omega^2 (L+R) \cdot \cos 2 \cdot \sin \alpha$$

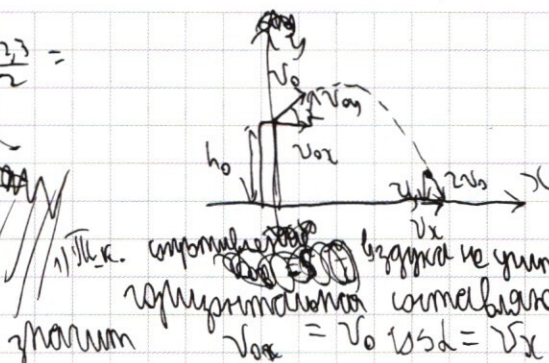
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$S = 2v_0 \cdot t + \frac{gt^2}{2} = -5,23 + \frac{10 \cdot 2,3 \cdot 2,3}{2} =$$

$$= -40,5 + 105 \cdot 2,3 =$$

=

$$\begin{array}{r} 10,5 \\ \times 2,3 \\ \hline 315 \\ 210 \\ \hline 2415 \end{array} \quad \begin{array}{r} 25 \\ \times 9 \\ \hline 225 \\ 225 \\ \hline 225 \end{array} \quad \begin{array}{r} 111 \\ \times 13 \\ \hline 333 \\ 1110 \\ \hline 1443 \end{array}$$



Проекции v_x и v_y так, что вертикальная составляющая параллельна v_y скорости направлена вверх oy , а горизонтальная v_x параллельна ox ; v_x и v_y — векторы, и в них составляющие скорости не меняются на время

по т. Пифагора:

$$|v_y| = \sqrt{(2v_0)^2 - v_x^2} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \sqrt{(4 - \frac{3}{4}) \cdot v_0^2} = \sqrt{\frac{13}{4} v_0^2} =$$

$$= \sqrt{25 \cdot 13} = 5\sqrt{13}, \text{ м.к. } \sqrt{13} \approx 3,6, \text{ то } |v_y| \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) t = \frac{v_y - v_{y0}}{g} = \frac{v_0 \sin \alpha - (-5\sqrt{13})}{10} = \frac{5 + 5\sqrt{13}}{10} = \frac{5(\sqrt{13} + 1)}{10} = \frac{\sqrt{13} + 1}{2} \approx \frac{4,6}{2} \approx 2,3 \text{ с}$$

(v_y отрицательна т.к. направлена против oy)

3) по закону сохранения энергии:

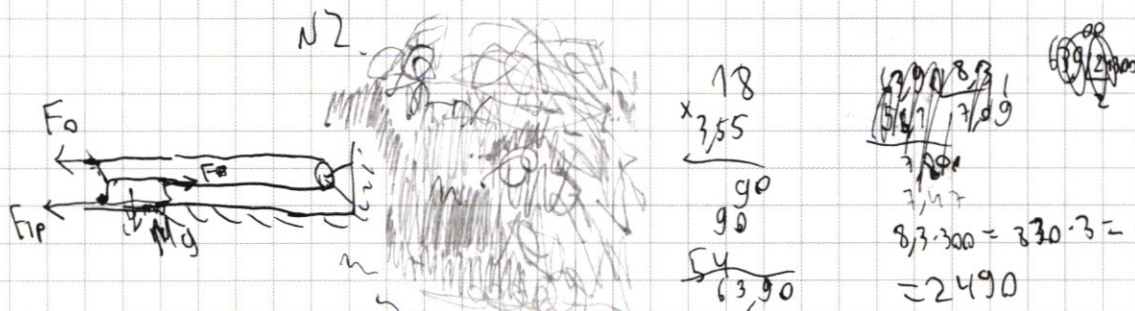
$$mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(2v_0)^2}{2}, \text{ где } h_0 - \text{высота, с которой сбросили шину}$$

$$mgh_0 = 2mv_0^2 - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$g \cdot h_0 = 1,5 \cdot v_0^2$$

$$h_0 = \frac{1,5 \cdot v_0^2}{g} = \frac{25 \cdot 100}{10} = 250 \text{ м}$$

ответ: 1) $18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) 2,3 с 3) 25 м



1) для нахождения p найдем p_n и p_g в момент времени t и найдем p .

$$p = \frac{m \cdot R \cdot T}{\mu \cdot V_0} = \frac{p_n \cdot V_n \cdot R \cdot T}{\mu \cdot V_0} = \frac{p_n \cdot R \cdot T}{\mu} \Rightarrow p_n = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T}$$
 где p_n — давление пара.

$T = 29^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$, $R \approx 8,31$, $\mu = 17 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,017 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$$p_n = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 0,017}{8,31 \cdot 300} = \frac{18 \cdot 3,55}{8,31 \cdot 300} = \frac{63,9}{2493} \approx 0,0256 \frac{\text{Па}}{\text{м}^3}$$

$$p_B = 17 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \times 0,00014$$

$$\alpha = \frac{p_n}{p_B} = \frac{0,025}{1000} = \frac{25}{10^6} = \frac{1}{40000}$$

2) ~~...~~

~~...~~

$$p = \frac{p_n \cdot V_n}{V_n} = \frac{(m_n - m_g) \cdot R \cdot T}{\mu \cdot V_n}$$

$$p = \frac{(p_n \cdot V_n - p_g \cdot V_g) \cdot R \cdot T}{\mu \cdot V_n}$$

$$p = \frac{p_n \cdot V_n}{V_n} = \frac{p_n \cdot V_n}{V_n} = \frac{p_n \cdot V_n}{V_n}$$

$$\frac{p_n}{R \cdot T} = \frac{1}{40000} \cdot p - p \cdot \frac{V_g}{V_n}$$

$$\frac{V_g}{V_n} \cdot p = \frac{p}{R \cdot T} - \frac{p}{40000}$$



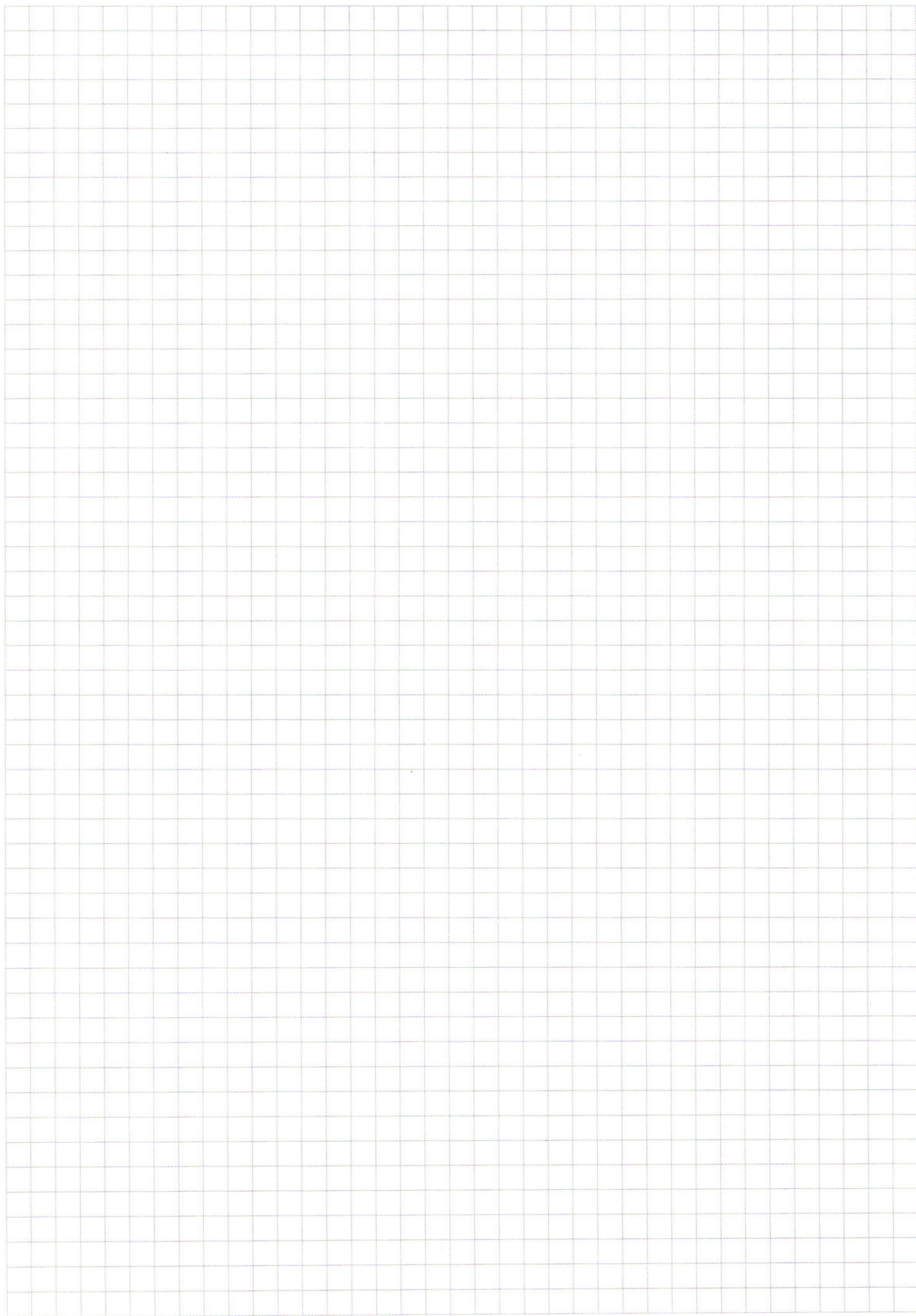
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)