

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

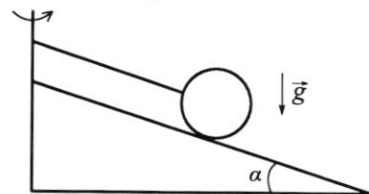
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

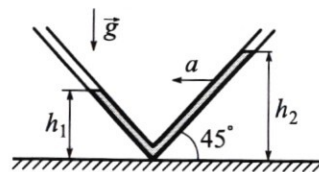
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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»)?

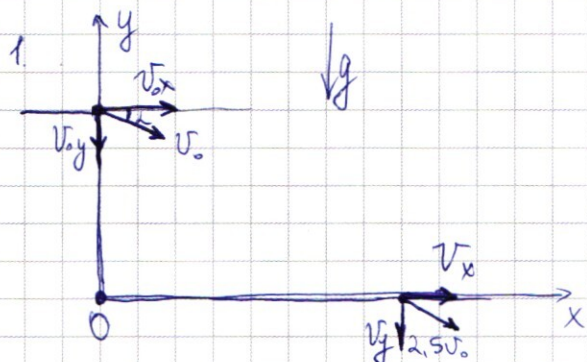


Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

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



То условие камень во время
приближается к земле, потому его
начальная вертикальная составляющая
скорости направлена вниз.

Введем оси Ox и Oy

Разобьем начальную скорость v_0 на 2 составляющие v_{0x} и v_{0y} .
Аналогично поступим с конечной скоростью.

$$v_0^2 = v_{0y}^2 + v_{0x}^2, \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha, \quad v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$6,25 v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$$

По оси Ox ускорения нет, потому ~~то есть~~
горизонтальная составляющая $v_x = \text{const}$.

$$6,25 v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$$

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

$$5,25 v_0^2 = v_y^2 - v_{0y}^2$$

$$v_y = \sqrt{5,25 v_0^2 + v_{0y}^2} = \sqrt{5,25 v_0^2 + v_0^2 \sin^2 \alpha} = v_0 \sqrt{5,25 + \sin^2 \alpha}$$

$$v_y = 8 \cdot \sqrt{5,25 + \frac{3}{4}} = 8\sqrt{6} \left(\frac{m}{c}\right) \approx 19,2 \left(\frac{m}{c}\right)$$

При этом скорость по вертикали увеличивается по закону

$$v_y(t) = -v_{0y} - gt$$

$$\text{За все время полета } \tau: -v_0 \sin \alpha - g\tau = -v_y; \quad v_0 \sin \alpha + g\tau = v_y$$

$$\tau = \frac{-v_0 \sin \alpha + v_y}{g}$$

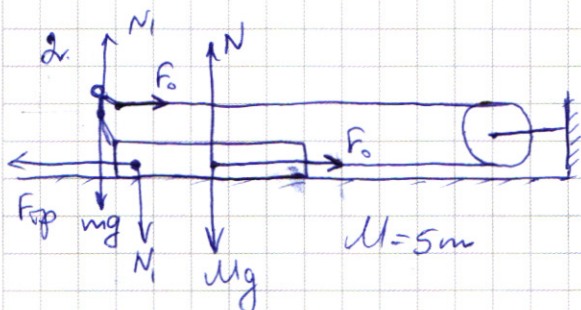
$$\tau = \frac{-8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 8\sqrt{6}}{10} = 0,8 \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6}\right) (c) \approx 12,2 \text{ c}$$

Движение по ~~горизонтали~~ горизонтальной равномерное, потому

$$S = v_0 \cos \alpha t$$

$$S = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 12,2 = 48,8 \text{ (м)}$$

Ответ: 1) $19,2 \frac{m}{c}$ 2) $12,2 \text{ c}$ 3) $48,8 \text{ м}$



Рассмотрим силы, действующие на человека и сани.

При движении саней и человека на них человек давит на пол с силой F_0 . ~~По закону Ньютона, реакция~~

~~По 3-му закону Ньютона~~ пол действует на человека с такой же по модулю, но направленной в противоположную сторону, силой N . По вертикали ускорения нет, поэтому:

$$F_0 = |N| = N_1 + Mg, \text{ где } N_1 - \text{сила со стороны земли на человека. } N_1 = mg.$$

$$\text{Таким образом } F_0 = 6mg.$$

Чтобы сила F_0 была минимальной сани должны двигаться равномерно. Рассмотрим систему: человек + сани, ~~т.к. на человека со стороны саней будет действовать некоторая сила~~

$$2F_0 - F_{0p} = 0, \text{ где } F_{0p} = \mu N_1 = \mu(mg + Mg) = \mu 6mg \text{ (сила трения покоя, саней будет)$$

$$F_0 = \frac{F_{0p}}{2} = 3\mu mg$$

человек и сани в движение, но она ~~недостаточна~~

Скорости человека и саней при проезде S :

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}, \text{ где } v_0 - \text{нач. скорость } (v_0 = 0) \text{ и } v - \text{конечная скорость}$$

$$v = \sqrt{2Sa}$$

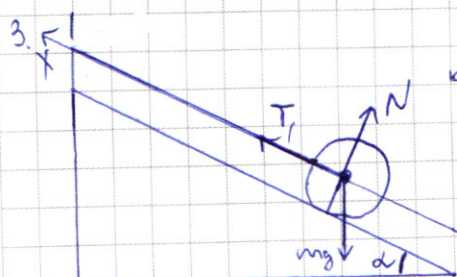
При силе $F > F_0$ сани будут двигаться равноускоренно. Опять рассмотрим систему "человек + сани":

$$2F - F_{0p} = (M+m)a \text{ (причем } F_{0p} \text{ не изменилось, т.к. по вертикали тело покоится)}$$

$$a = \frac{2F - 6\mu mg}{M+m}$$

$$v = \sqrt{\frac{2S}{M+m} (2F - 6\mu mg)} = 2\sqrt{\frac{S}{M+m} (F - 3\mu mg)} = 2\sqrt{\frac{S}{6m} (F - 3\mu mg)}$$

Ответ: 1) $6mg$ 2) $3\mu mg$ 3) $2\sqrt{\frac{S}{6m} (F - 3\mu mg)}$

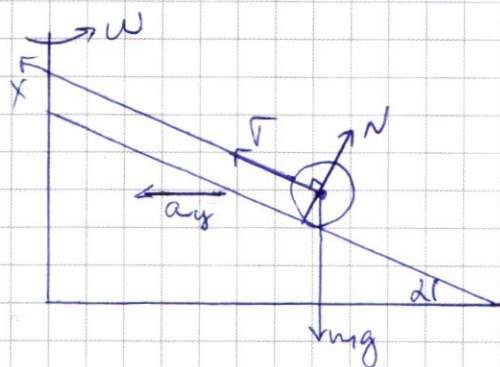


Рассмотрим силы, действующие на шар, когда он покоится. Сделаем проекции на ось Ox

$$23 \text{ Н: } T_1 - mg \sin \alpha = 0$$

$$T_1 = mg \sin \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Рассмотрим систему, когда она вращается

$$2 \text{ ЗН: } OX: T - mg \sin \alpha = m a_y \cos \alpha,$$

где $a_y = \omega^2 r$ r - расстояние от центра масс до оси вращения
~~(центр масс находится в геометрическом центре, т.к. шар однородный)~~

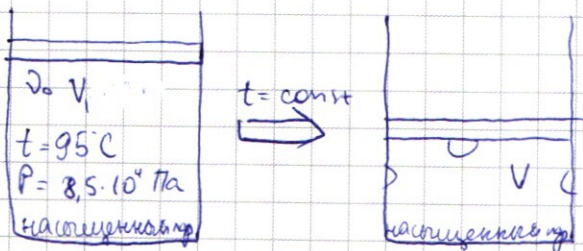
$$r = (l + R) \cos \alpha$$

$$T = mg \sin \alpha + m \omega^2 (l + R) \cos^2 \alpha$$

$$T = m(g \sin \alpha + \omega^2 (l + R) \cos^2 \alpha)$$

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

5.



V_0 - объем в начальном положении
 V - объем в конечном состоянии
 Z_0 - кол-во вещества в начальном положении
 Z_0 - кол-во вещества испарившейся воды
 Z_1 - кол-во вещества после в конечном состоянии.

Нам нужно воденое пар можно использовать уравнение Менделеева-Клапейрона для состояния 1:

$$p V_1 = Z_0 R T, \quad T = t + 273 (K)$$

$$p V_1 = \frac{m}{\mu} R T \quad | : V_1$$

$$p = \frac{\rho_{\text{пар}}}{\mu} R T$$

$$\rho_{\text{пар}} = \frac{p \mu}{R T}$$

$$\rho_{\text{пар}} = \frac{8.5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8.314 \cdot 368} = \frac{1530}{3054.4} \approx 0.5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_{\text{пар}}}{\rho_{\text{возд}}} = \frac{0.5}{1000} = 0.0005$$

После изотермического процесса ~~в~~ некоторое кол-во воды конденсировалось, значит пар остался насыщенным. Давление насыщенного пара зависит только от температуры и не зависит от объема.

Уравнение Менделеева Клапейрона для газа в конечном состоянии:

$$\frac{pV = \nu_n RT}{p \cdot \gamma V = \nu_0 RT} \quad (\text{считаем, что весь объем занимает пар, потому что } V_1 = \gamma V)$$

$$\gamma = \frac{\nu_0}{\nu_n}, \quad \nu_n = \frac{\nu_0}{\gamma}$$

$$\Delta \nu = \nu_0 - \nu_n = \nu_0 - \frac{\nu_0}{\gamma} = \nu_0 \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right)$$

$$m_B = \Delta \nu \mu = \nu_0 \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right) \mu$$

$$m_n = \nu_n \mu = \frac{\nu_0}{\gamma} \mu$$

$$V_B = \frac{m_B}{\rho_B} = \frac{\nu_0 (\gamma-1) \mu}{\gamma \rho_B}$$

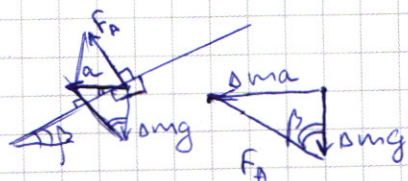
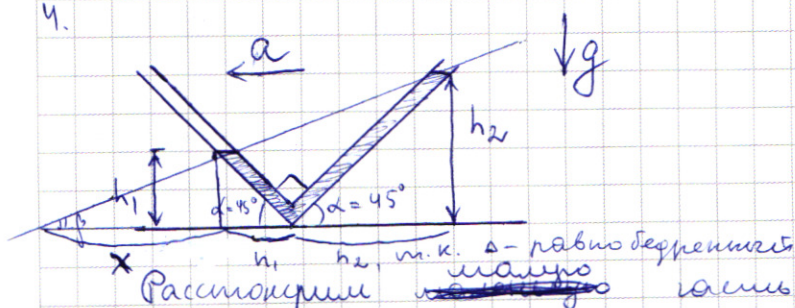
$$V_n = \frac{m_n}{\rho_{\text{пар}}} = \frac{\nu_0 \mu}{\gamma \rho_{\text{пар}}} \rightarrow \text{где } \rho_{\text{пар}} - \text{плотность насыщенного пара при } t = 95^\circ\text{C (она не изменилась)}$$

$$\frac{V_n}{V_B} = \frac{\nu_0 \mu \gamma \rho_B}{\gamma \rho_{\text{пар}} \nu_0 (\gamma-1) \mu} = \frac{\rho_B}{\rho_{\text{пар}} (\gamma-1)}$$

$$\frac{V_n}{V_B} = \frac{1000}{0,5 \cdot 4,7} = \frac{2000}{4,7} \approx 426$$

Ответ: 1) 0,0005 2) 426

4.



$$\tan \beta = \frac{ma}{g \cdot \Delta m} = \frac{a}{g}$$

Рассмотрим подобие треугольников:

$$\frac{h_1}{x} = \frac{h_2}{h_1 + h_2 + x}, \quad h_1(h_1 + h_2) + h_1 x = x h_2, \quad x(h_2 - h_1) = h_1(h_1 + h_2)$$

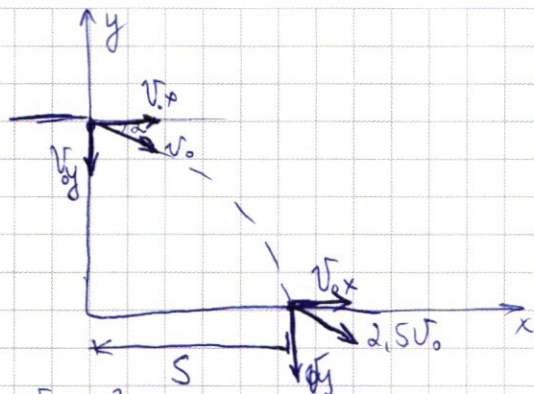
$$x = h_1 \frac{h_1 + h_2}{h_2 - h_1}$$

$$\tan \beta = \frac{h_1}{x} = \frac{h_1(h_2 - h_1)}{h_1(h_1 + h_2)} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$

$$\tan \beta = \frac{4}{10} = \frac{1}{5} \quad \text{Получаем}$$

Ответ:
 $a = \frac{g}{5} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



по Ox нет ускорения
 $S = v_0 \cos \alpha \cdot t$

$v_y = v_{0y} - gt$

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m \cdot 6,25 v_0^2}{2}$

$gh = \frac{5,25 v_0^2}{2}$

$h = \frac{5,25 v_0^2}{2g}$

$v_y = ?$

$t = ?$

$S = ?$

$$\begin{array}{r} 0,87 \quad 64 \\ \times 5 \\ \hline 522 \\ 5220 \\ \hline 4360 \end{array}$$

$y = h - v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0$

$-\frac{gt^2}{2} - v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{5,25 v_0^2}{2g} = 0 \quad | \cdot (2g)$

$t^2 + \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} t - \frac{5,25 v_0^2}{g^2} = 0$

$t^2 + \frac{2 \cdot 8 \cdot 0,87}{100} t - \frac{5,25 \cdot 64}{100} = 0$

$t^2 + 139,2 t - 336 = 0$

$\frac{5,25}{21,00} \cdot \frac{24}{4} = 6$

$v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$

$6,25 v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$

$5,25 v_0^2 = v_y^2 - v_{0y}^2$

$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

$v_y = \sqrt{5,25 v_0^2 + v_0^2 \sin^2 \alpha} = v_0 \sqrt{5,25 + \sin^2 \alpha}$

$v_y = -v_0 \sin \alpha - gt = -v_0 \sqrt{5,25 + \sin^2 \alpha}$

$v_0 \sin \alpha + gt = v_0 \sqrt{5,25 + \sin^2 \alpha}$

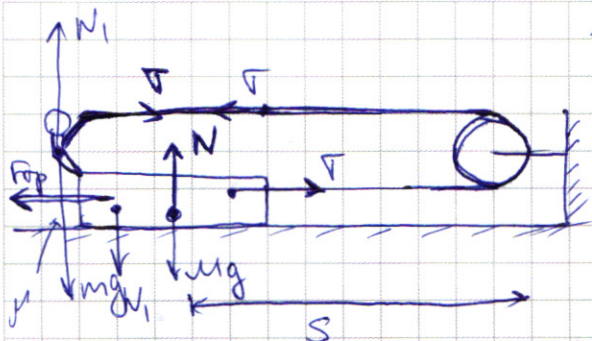
$t = \frac{v_0 (\sqrt{5,25 + \sin^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g}$

$$\begin{array}{r} 12,4 \\ \times 4 \\ \hline 496 \end{array}$$

$2 < \sqrt{6} < 3$
 $(2,43)$

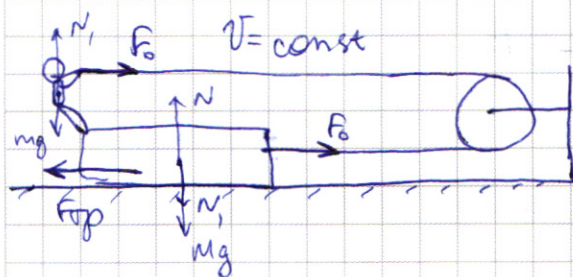
$$\begin{array}{r} 2,40 \\ \times 8 \\ \hline 19,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,55 \\ \times 10 \\ \hline 15,5 \end{array}$$



$$M = 5m$$

$$F_g = N = Mg + N_1 = Mg + mg = 6mg$$



$F_0 \rightarrow \min$, когда блок и поверхность движутся равномерно ($a = 0$)

$$F_0 = F_{fr} = \mu(mg + Mg) = \mu \cdot 6mg$$

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

$$v = \sqrt{2Sa}$$

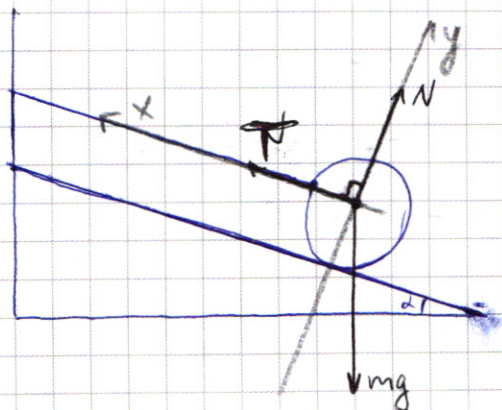
$$F - \mu(mg + Mg) = Ma$$

$$a = \frac{F - \mu(mg + Mg)}{M}$$

$$W = \sqrt{\frac{2S}{M} (F - \mu(mg + Mg))}$$

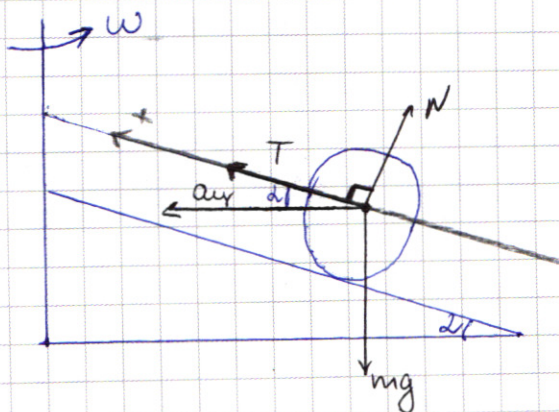
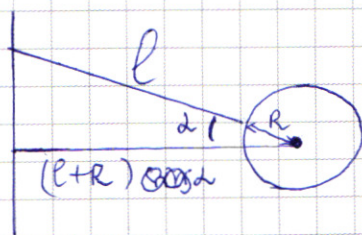
$$v = \sqrt{\frac{2S}{5m} (F - \mu 6mg)}$$

3



$$T = mg \sin \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$



$$T - mg \sin \alpha = m a_y \cos \alpha$$

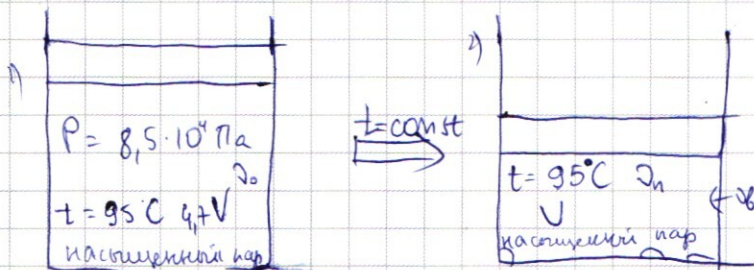
$$T = m (a_y \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

$$a_y = \omega^2 R \quad r = \omega^2 (l+R) \cos \alpha$$

$$T = m (\omega^2 (l+R) \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5.



$$T = 273 + 95 = 368 \text{ K}$$

$$PV = \nu RT$$

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

$$P = \frac{P}{M} RT$$

$$P_{\text{пара}} = \frac{P M}{RT}$$

$$P_{\text{пара}} = \frac{8.5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8.31 \cdot 368} = \frac{1530}{2455} = 62 \text{ мм рт.ст.}$$

$$\frac{62}{1000} = 0.062$$

$$1) PV = 2RT$$

$$P \cdot 4.7V = 2RT$$

$$2 = \frac{P \cdot 4.7V}{RT} = 4.7 \frac{PV}{RT}$$

$$2) PV = \nu_n RT$$

$$\nu_n = \frac{PV}{RT} = \frac{2}{4.7}$$

$$\nu_b = \nu - \nu_n = \left(1 - \frac{1}{4.7}\right) \nu_0 = \frac{3.7}{4.7} \nu_0$$

$$m_n = \nu_n M_b = \frac{\nu_0}{4.7} M_b$$

$$m_b = \nu_b M_b = \frac{3.7}{4.7} \nu_0 M_b$$

$$V_b = \frac{m_b}{\rho_b} = \frac{3.7 \nu_0 M_b}{4.7 \rho_b}$$

$$m_n = \frac{\nu_0}{4.7} M_b$$

$$V_n = \frac{m_n}{\rho_{\text{пара}}}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{\nu_0 M_b \cdot 4.7 \rho_b}{4.7 \rho_{\text{пара}} \cdot 3.7 \nu_0 M_b} = \frac{4.7 \rho_b}{3.7 \rho_{\text{пара}}}$$

$$\frac{1000}{3.7 \cdot 62} = \frac{1000}{2294} = \frac{100000}{2294}$$

$$\frac{8.5}{8.31} \cdot \frac{18}{368}$$

$$\frac{8.5 \cdot 18}{8.31 \cdot 368} = \frac{1530}{3054.48} = 0.499$$

$$\frac{8.5}{8.31} \cdot \frac{18}{368} = 0.499$$

$$\frac{2000}{1530} \cdot \frac{1}{3.7} = \frac{2000}{5661} = 0.353$$

$\frac{h_1}{x} = \frac{h_2}{x + h_1 + h_2}$
 $h_1 x + h_1^2 + h_1 h_2 = x h_2$
 $x(h_2 - h_1) = h_1^2 + h_1 h_2$
 $x = \frac{h_1(h_1 + h_2)}{(h_2 - h_1)}$
 $\tan \beta = \frac{h_2}{h_1 + h_2 + h_1 \frac{(h_1 + h_2)}{(h_2 - h_1)}} = \frac{h_2(h_2 - h_1)}{h_1(h_1 + h_2)}$
 $\tan \beta = \frac{12 - 8}{20} = \frac{1}{5} = \frac{a}{g}$
 $a = 5g$

$\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2 + h_1 \frac{(h_1 + h_2)}{(h_2 - h_1)}}$
 $\tan \beta = \frac{h_2(h_2 - h_1)}{h_1(h_1 + h_2)}$
 $\tan \beta = \frac{12 - 8}{20} = \frac{1}{5} = \frac{a}{g}$
 $a = 5g$



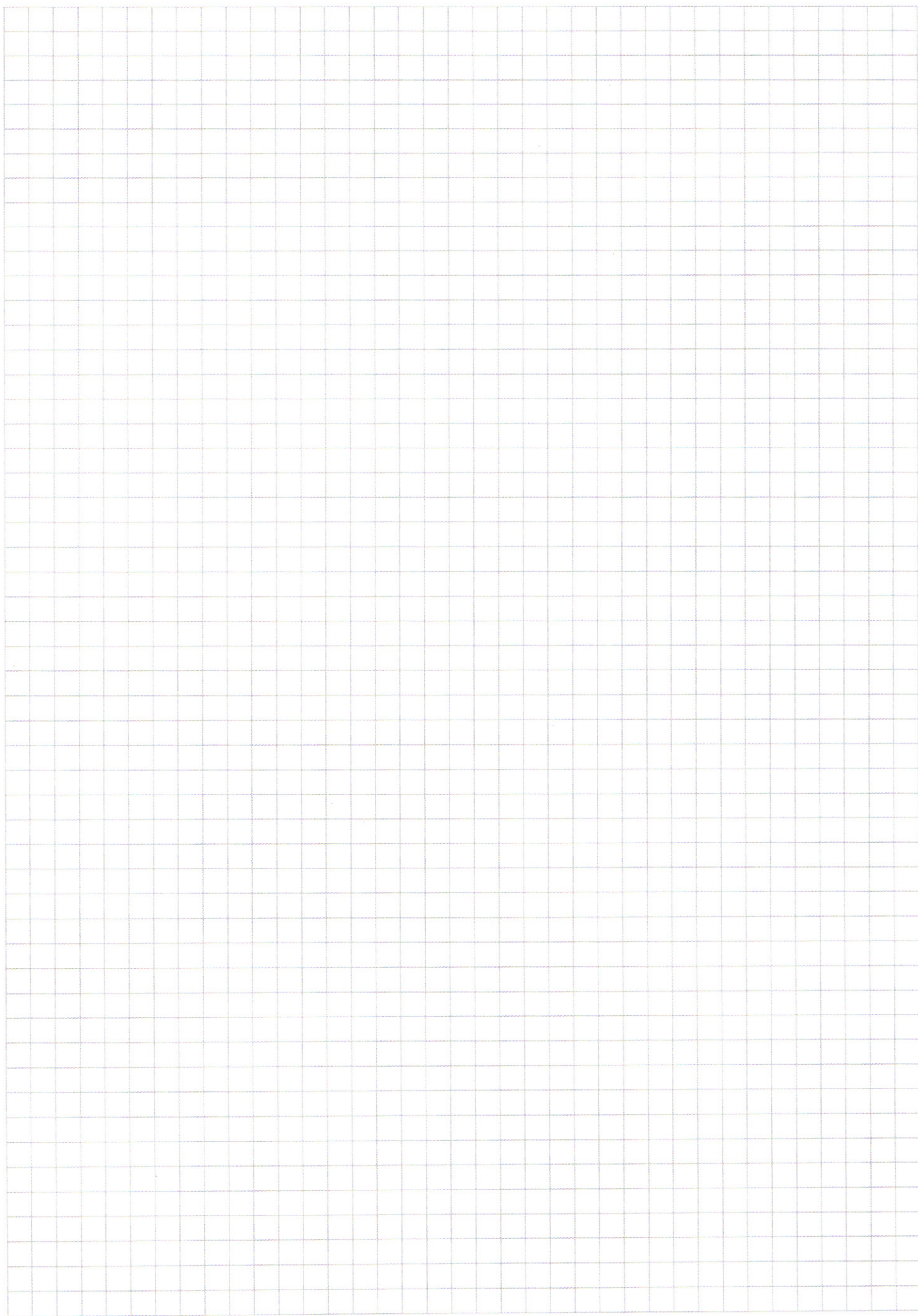
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)