

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-02

Класс 10

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?

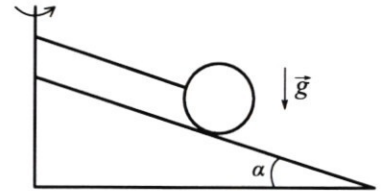
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

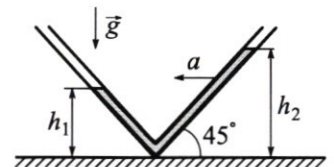


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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:

$$v_0 = 10 \frac{м}{с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

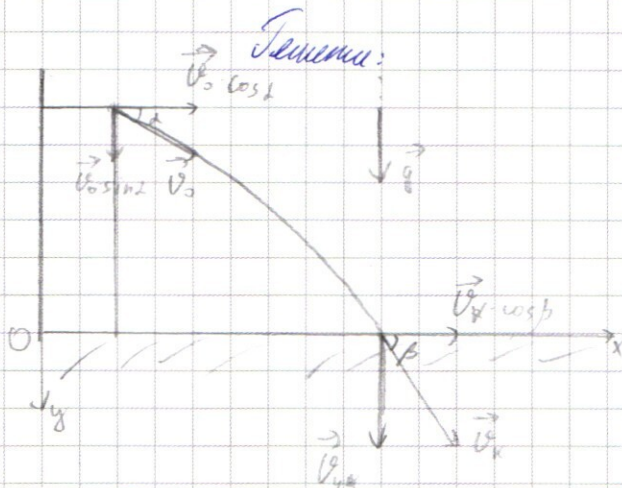
$$v_k = 2v_0$$

$$g = 10 \frac{м}{с^2}$$

$$v_{yk} = ?$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$



1) П. к горизонт.

составляющая скорости
не меняется, т.к.
р-ция падения на землю

$$v_0 \cdot \cos \alpha = v_k \cdot \cos \beta$$

$$v_0 \cdot \cos \alpha = 2v_0 \cdot \cos \beta$$

$$\cos \alpha = 2 \cos \beta \Rightarrow \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{4}} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$v_{yk} = v_k \cdot \sin \beta = 2v_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = \frac{10\sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13}$$

2)

$$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha + gT \Rightarrow gT = -v_0 \cdot \sin \alpha + v_y$$

$$t = \frac{v_y - v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$t = \frac{v_{yk} - v_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 10}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2}$$

$$3) y = h + v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = h + 5 + 10 \cdot \frac{(\sqrt{13} - 1)^2}{2}$$

$$h = -5(1 + \sqrt{13} - 1)^2$$

h получил отрицательным, т.к. за выбранной
линей точки отсчета и оси координат

$$h = |-5(1 + (\sqrt{13} - 1)^2)| = 5(1 + (\sqrt{13} - 1)^2) =$$

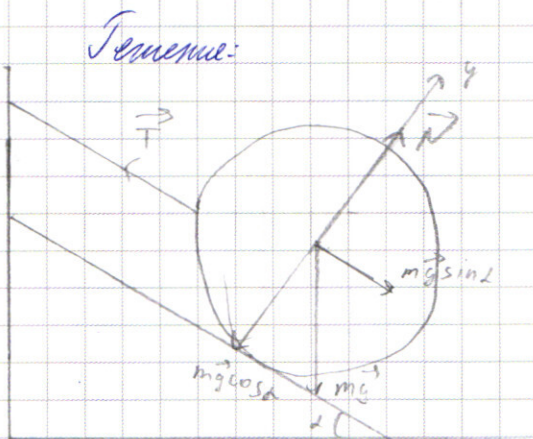
$$5(15 - 2\sqrt{13}) = 75 - 10\sqrt{13}$$

$$\text{Ответ: } 5\sqrt{13}; \frac{\sqrt{13} - 1}{2}; 75 - 10\sqrt{13}$$

3, Dano:

R
L
m
d
xw

1)



$$\vec{N} + \vec{mg} + \vec{T} = 0$$

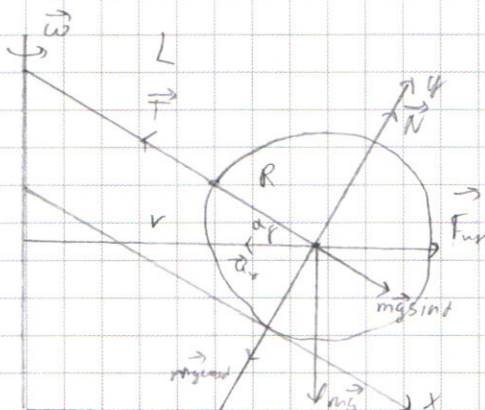
$$y: N = mg \cos \alpha$$

$$P = N = mg \cos \alpha$$

1) P-?

2) P-?

2)



F_{un} - сила инерции

$$\vec{F}_{un} = -m \vec{a}_g$$

$$F_{un} = m a_g$$

$$\vec{T} + \vec{N} + \vec{mg} + \vec{F}_{un} = 0$$

$$O_x: mg \sin \alpha + F_{un} \cos \alpha - T = 0$$

$$O_y: N - mg \cos \alpha + F_{un} \sin \alpha = 0$$

$$F_{un} = m a_g = m \omega^2 r(L+R) \cdot \cos \alpha$$

$$a_g = \omega^2 r = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$r = (L+R) \cdot \cos \alpha$$

$$P = N = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$$

$$O_{imp} = mg \cos \alpha; m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = \frac{4}{5}g$$

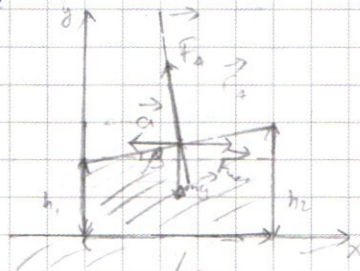
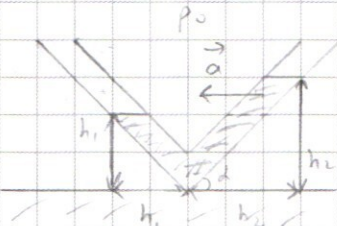
$$h_1 = 0,14$$

$$g = 10 \frac{м}{с^2}$$

$$h_2 = ?$$

Решение:

Жидкость ведёт себя одинаково в зависимости от
формы сосуда, поэтому данную задачу можно
замкнуть на другой сосуд



~~Рассмотрим элемент~~

Рассмотрим маленький

"кусочек" жидкости массой Δm

и объемом ΔV

$F_{ин}$ - сила инерции

$$F_{ин} = \Delta m a$$

$$\vec{F}_{ин} = -\Delta m \vec{a}$$

П.к. "кусочек" не движется относ. жидкости то:

$$\vec{F}_A + \vec{F}_{ин} + m\vec{g} = 0$$

$$O_y: F_A \cos \beta - \Delta m g = 0$$

$$O_x: F_A \sin \beta = \Delta m a \quad | : \quad \text{от } O_y: \quad \frac{a}{g} = \tan \beta \Rightarrow \tan \beta = \frac{a}{g}$$

$$L = h_1 + h_2$$

$$\frac{h_2 - h_1}{L} = \tan \beta$$

$$\frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{a}{g}$$

$$g(h_2 - h_1) = ah_2 + ah_1$$

$$h_2(g - a) = h_1(a + g) \Rightarrow$$

$$h_2 = \frac{h_1(a + g)}{g - a} = \frac{0,14 \cdot (10 + 4)}{10 - 4} = \frac{1,96}{6} = \frac{7}{30} \text{ м}$$

Ответ: $\frac{7}{30} \text{ м}$

~~Рассмотрим элемент жидкости~~
~~массой Δm , находящийся на поверхности~~
~~жидкости~~
~~т.к. сосуда, форма которого~~
~~изменяется~~
~~временно, то~~

~~и п.к. кусочек не движется~~
~~относ. стенок жидкости, то:~~

~~$F_{ин}$ - сила инерции~~
 ~~$F_{ин}$~~

2) Дано:

m
 $M = 2m$
 S

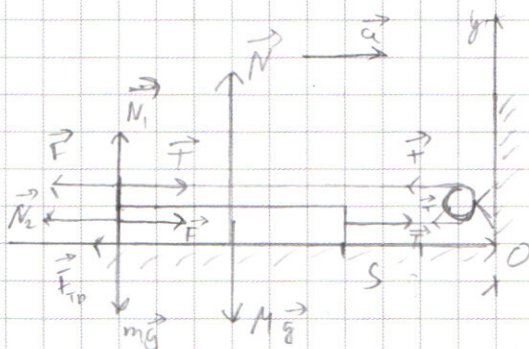
3) F

$p - ?$

$F_{\text{оп}} - ?$

3) $f - ?$

Решение:



1) $p = N$

$$\vec{N} + M\vec{g} + m\vec{g} = 0$$

$$O_y: N = 3mg$$

2) Для ящика:

Т.к. F должно быть минимальным, то движение будет без ускорения

I закон Н:

$$M\vec{g} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{T} + \vec{F} = 0$$

$$O_y: N = 3mg \quad F_{\text{тр}} = \mu N = 3\mu mg$$

$$O_x: -3\mu mg + T + F = 0$$

$$2F_0 = 3\mu mg \Rightarrow F_0 = 1,5\mu mg$$

3) Разница в силе F_0 вызовет ускорение

$$F - F_0 = 3ma$$

$$F - 1,5\mu mg = 3ma \Rightarrow a = \frac{F - 1,5\mu mg}{3m}$$

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{F - 1,5\mu mg}}$$

$$\text{Ответ: } 1) 3mg \quad 2) 1,5\mu mg \quad 3) \sqrt{\frac{6Sm}{F - 1,5\mu mg}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) Дано:

$$p = 3,55 \cdot 10^3$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

2) γ

Решение

$$1) p = \frac{\rho_n}{\mu R T} \Rightarrow \rho_n = \frac{p \mu}{R T}$$

ρ_n — плотность пара

$$\rho_n = \frac{71}{2770}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{71}{2770 \cdot 1000} = \frac{71}{2770000}$$

$$2) p = \frac{m_0}{\mu V R T}$$

$$m_0 = m_K + m_B$$

$$V = \gamma V_K$$

V_K — масса пара, после уменьшения объема в γ раз

m_B — масса сконденсированной воды после уменьшения объема воды в γ раз

$$p = \frac{m_K}{\mu V_K R T}$$

$$p = \frac{m_K + m_B}{\mu \gamma V_K R T}$$

$$\frac{m_K + m_B}{\mu \gamma V_K R T} = \frac{m_K}{\mu V_K R T}$$

$$\frac{m_K + m_B}{\gamma} = m_K$$

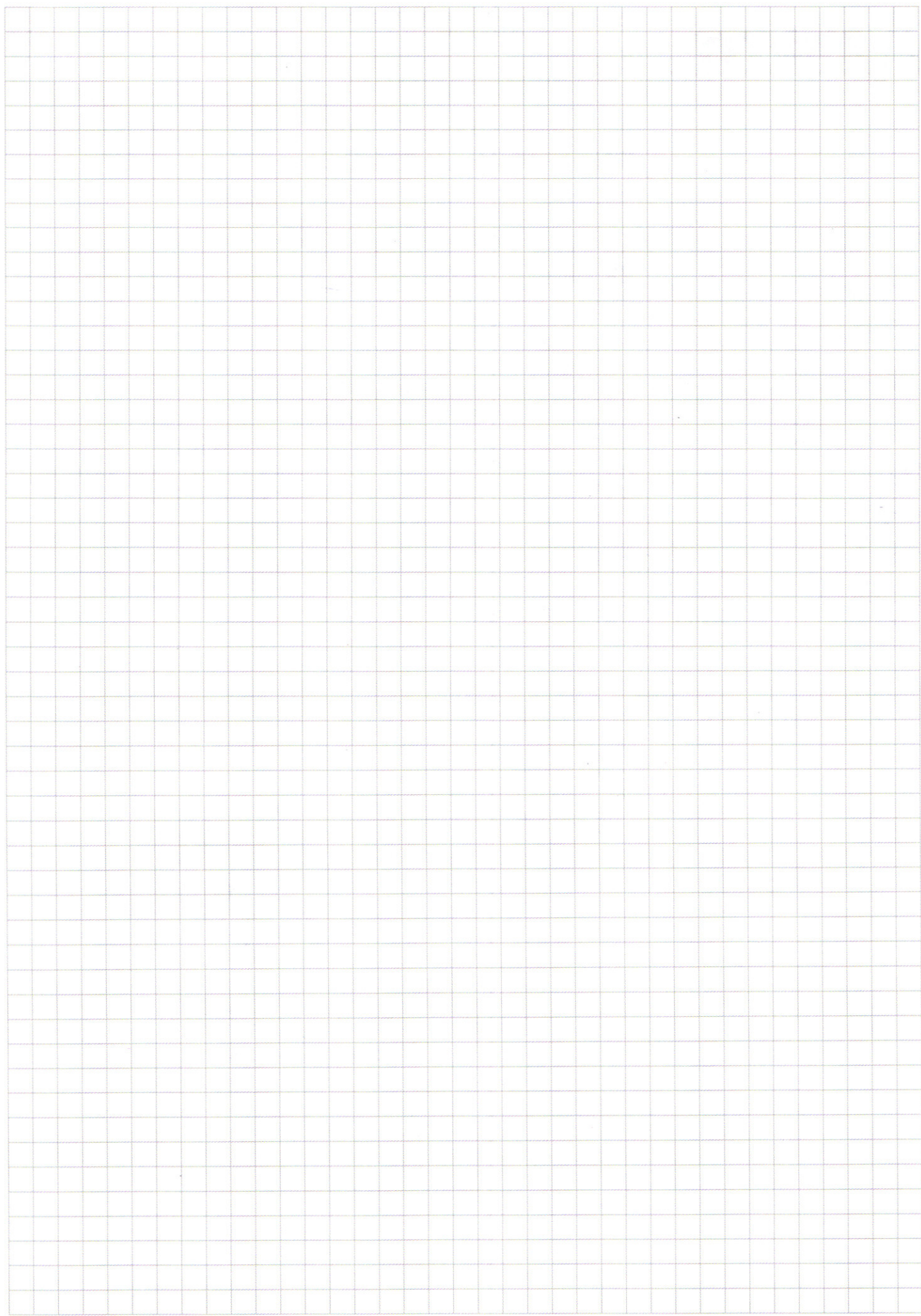
$$m_K + m_B = m_K \gamma \Rightarrow m_K = \frac{m_B}{\gamma - 1}$$

$$V_n = \frac{m_K}{\rho_n}$$

$$V_B = \frac{m_B}{\rho_B}$$

$$\frac{V_n}{V_B} = \frac{m_K \rho_B}{\rho_n m_B} = \frac{13850000}{1633}$$

Ответ: $\frac{71}{2770000}$; $\frac{13850000}{1633}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано:

$$V_0 = 10 \frac{м}{с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$V_k = 2V_0$$

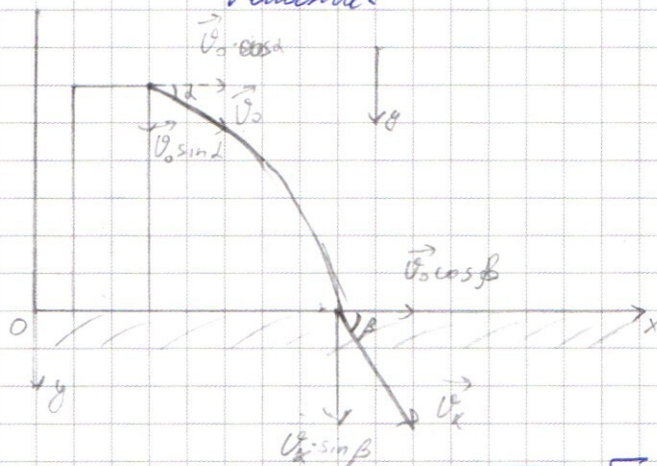
$$g = 10 \frac{м}{с^2}$$

$$V_{yk} = ?$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$

Решение:



III. к. горизонтальная
составляющая скоро-
сти не изменилась, т.е.

$$V_0 \cdot \cos \alpha = V_k \cdot \cos \beta$$

$$V_0 \cos \alpha = 2V_0 \cos \beta$$

$$\cos \alpha = 2 \cos \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

тогда $V_{yk} = V_k \sin \beta = 2V_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = \frac{10\sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13}$

$$V_{yk} = V_0 \sin \alpha + gt \Rightarrow gt = -V_0 \sin \alpha + V_{yk} \Rightarrow t = \frac{V_{yk} - V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t = \frac{5\sqrt{13} - 5}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2}$$

$$t = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2}$$

$$y = h + V_0 \sin \alpha + \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = h + 5 + 10 \cdot \frac{(\sqrt{13} - 1)^2}{2}$$

$$h = -5(1 + \sqrt{13}) \quad h = -5(1 + (\sqrt{13} - 1)^2)$$

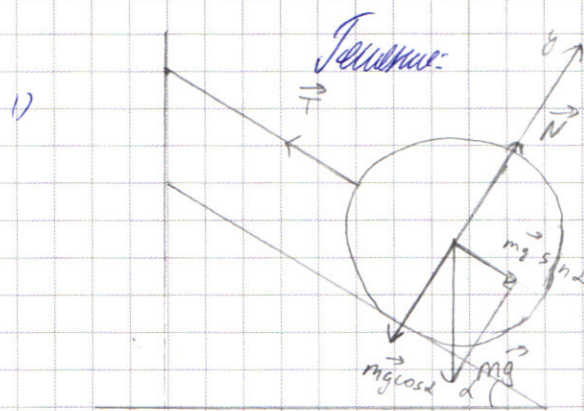
Высота получилась
отрицательной
из-за взятой
мной оси y, поэтому

$$h = |-5(1 + \sqrt{13} - 1)^2| = 5(1 + \sqrt{13} - 1)^2 = 5(1 + 13 - 2\sqrt{13} + 1) = 5(15 - 2\sqrt{13}) = 75 - 10\sqrt{13}$$

Ответ: $5\sqrt{13}$; $\frac{\sqrt{13} - 1}{2}$; $75 - 10\sqrt{13}$

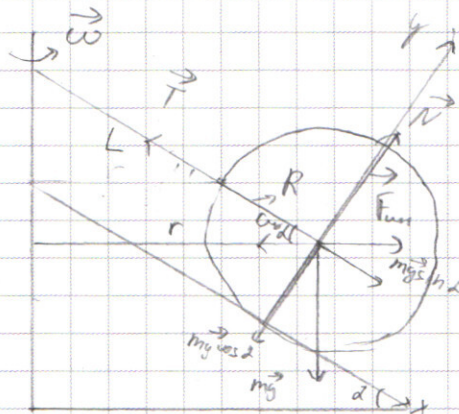
3) Dano:
 R
 L
 m
 d
 ω

 $P_1 = ?$
 $P_2 = ?$



$P_1 = mg \cos \alpha$
 $\sum \vec{N} + m\vec{g} + \vec{T} = 0$
 $y: N = mg \cos \alpha$
 $P_1 = N = mg \cos \alpha$

2)



$\vec{F}_{un} = m\vec{a}_y$
 $F_{un} - \text{сила инерции}$
 $\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{un} = 0$
 $\sum F_y: mg \sin \alpha + F_{un} \cos \alpha - T = 0$

$\sum F_y: N - mg \cos \alpha + F_{un} \sin \alpha = 0$

$F_{un} = ma_y = m\omega^2 r(L+R) \cos \alpha$

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

$r = L \cos \alpha \quad r = (L+R) \cdot \cos \alpha$

$N = mg \cos \alpha - m\omega^2 (L+R) \cos \alpha \cdot \sin \alpha =$
 $= m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \cdot \sin \alpha)$

$P_2 = N = m \cdot \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \cdot \sin \alpha)$

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



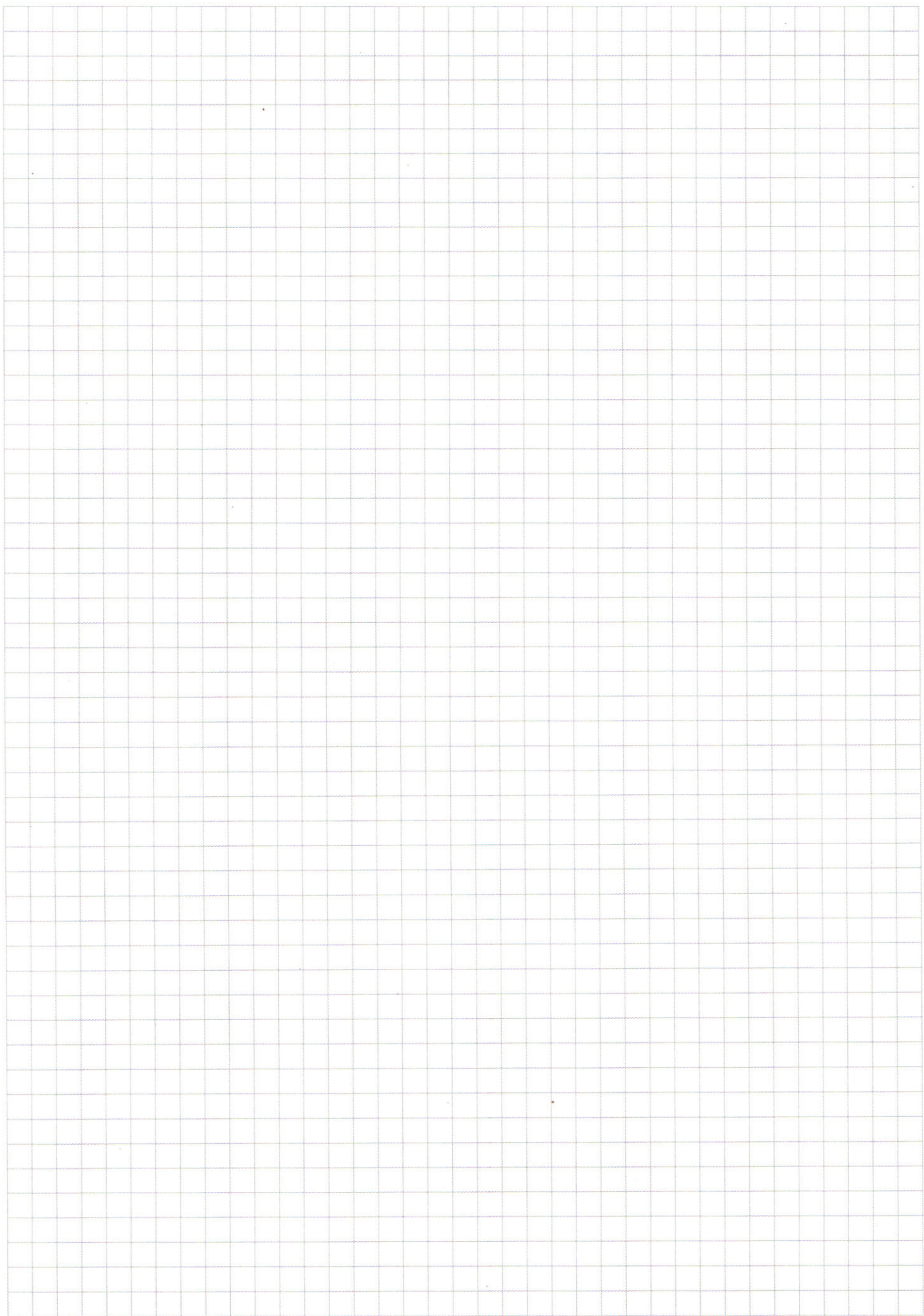
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h_1 = 0,1 \text{ м}$$

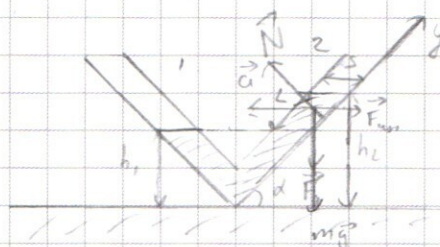
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

и h_2 - ?

V - ?

Решение:

ρ_0



ρ - плотность жидк.

S - площадь сечения трубки

Гидростатическое давление в

стационарной жидкости ~~уравновешивает~~
компенсирует возникающую
силу инерции

V - объем жидкости
находящийся во втором
столбце над уровнем h_1

m - масса жидкости находя-
щейся над уровнем h_1
в столбце 2

$$p_1 = \rho g h_1 + p_0$$

$$p_2 = \rho g h_2 + p_0$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \rho g (h_2 - h_1)$$

$$F_g = \Delta p \cdot S = \rho g S (h_2 - h_1)$$

$$F_{\text{ин}} = -ma$$

$$V = L \cdot S \quad L = \frac{(h_2 - h_1)}{\cos \alpha} = \frac{(h_2 - h_1)}{\cos 45^\circ}$$

$$\vec{N} + \vec{mg} + \vec{F}_g + \vec{F}_{\text{ин}} = 0$$

$$F_{\text{ин}} = ma$$

$$m = \rho V = \rho S (h_2 - h_1) \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$0g: F_g \cos \alpha - F_{\text{ин}} \sin \alpha = 0$$

Т.к. $\cos \alpha = \sin \alpha$ в данном случае

$$F_g - F_{\text{ин}} = 0$$

$$\rho g S (h_2 - h_1) - \rho S (h_2 - h_1) \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \cdot a = 0$$

$$mg + \rho g S (h_2 - h_1)$$

$$p = \frac{m}{M V} R T = \frac{\rho}{M} R T$$

$$p_{\text{гидр}} = \frac{m}{M} \cdot \frac{M}{m_1} \cdot \frac{m_1}{m_2} = \frac{m}{m_2}$$

5) Дано:

$$p = 3,55 \cdot 10^3$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$\rho_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\gamma = 5,6$$

1) $\frac{\rho_n}{\rho_0} - ?$

2) $\frac{V_n}{V_0} - ?$

Решение:

$$1) p = \frac{\rho_n}{M} R T \Rightarrow \rho_n = \frac{p M}{R T} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = \frac{3,55 \cdot 18}{8,31 \cdot 300} = \frac{3,55 \cdot 18}{8,31 \cdot 300} = \frac{10,65}{2493} = \frac{213}{2770}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{p M}{R T \rho_0} = \frac{3550 \cdot 18 \cdot 100}{1000 \cdot 831 \cdot 300 \cdot 1000} = \frac{355 \cdot 6}{100 \cdot 831 \cdot 1000} = \frac{2 \cdot 71}{277 \cdot 100 \cdot 200}$$

$$\begin{array}{r} 831 \overline{) 3} \\ 6 \\ \underline{23} \\ 21 \\ \underline{21} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 355 \overline{) 5} \\ 35 \\ \underline{35} \\ 0 \end{array}$$

$$= \frac{71}{277 \cdot 10000} = \frac{71}{2770000}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,55 \\ 3 \overline{) 10,65} \\ 10 \\ \underline{10} \\ 0 \end{array}$$

$$2) p = \frac{m_0}{M V} R T$$

$$m_0 = m_k + m_b$$

$$V = \gamma V_k$$

$$p = \frac{m_k}{M V_k} R T$$

$$p = \frac{m_k + m_b}{M \gamma V_k} R T$$

$$\frac{m_k + m_b}{M \gamma V_k} R T = \frac{m_k}{M V_k} R T$$

$$\frac{m_k + m_b}{\gamma} = m_k$$

$$m_k + m_b = m_k \gamma$$

$$m_k + m_b = 5,6 m_k$$

$$m_k = \frac{m_b}{4,6}$$

m_k - масса пара, после
умножения объема в γ
раз

V_k - объем после умножения
объема в γ раз

m_b - масса ~~высвобождаемой~~
воды после умножения
объема в γ раз

$$\begin{array}{r} 2770 \overline{) 2} \\ 1 \\ \underline{17} \\ 1385 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 71 \\ 46 \\ \underline{426} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 284 \\ 326 \\ \underline{1633} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1385 \overline{) 23} \\ 138 \\ \underline{1385} \\ 0 \end{array}$$

$$V_n = m_k \frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{m_k}{\rho_0}$$

$$V_b = m_b \frac{\rho_b}{\rho_0} = \frac{m_b}{\rho_0}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{m_k \cdot \rho_n}{m_b \cdot \rho_b} = \frac{71}{277000 \cdot 46}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{m_k \rho_b}{\rho_n m_b} = \frac{2770000}{71 \cdot 4,6} = \frac{13850000}{23 \cdot 71} = \frac{13850000}{1633}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_{12} = P_1 + P_2$$

$$P_2 = \frac{m_2}{M_2} RT$$

$$\frac{m_1 + m_2}{M_{12}} RT = \frac{m_1}{M_1} RT + \frac{m_2}{M_2} RT$$

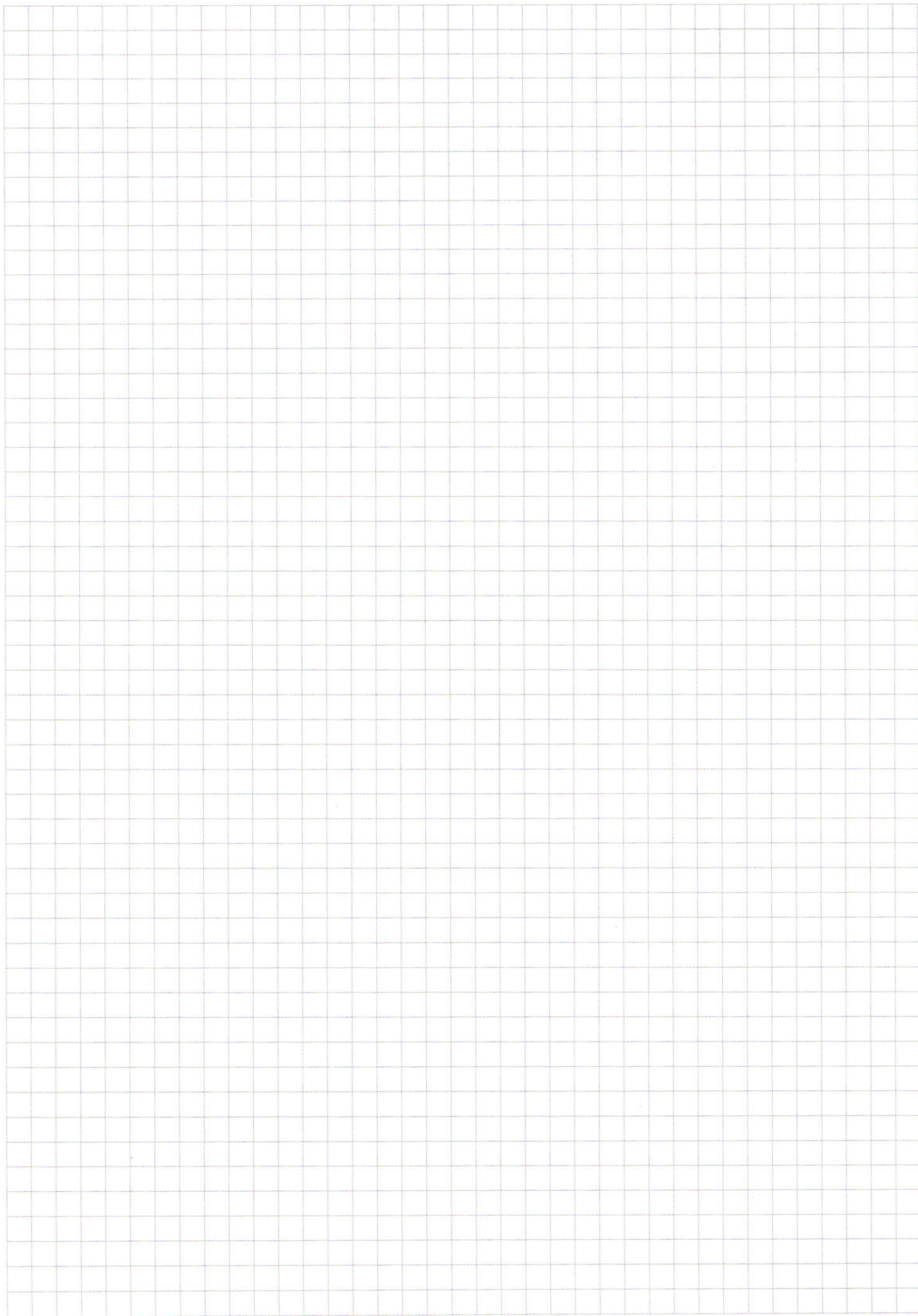
$$\frac{m_1 + m_2}{M_{12}} = \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}$$

$$\frac{m_1 + m_2}{M_{12}} = \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}$$

$$\frac{m_1 + m_2}{M_{12}} = \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} = \frac{M_2 m_1 + m_2 M_1}{M_1 M_2}$$

$$M_{12} = \frac{M_1 M_2 (m_1 + m_2)}{M_2 m_1 + m_2 M_1}$$

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



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)