

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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. Соппротивление воздуха не учитывать.

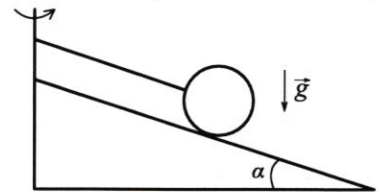
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

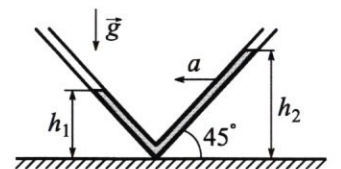
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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 коленах 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.

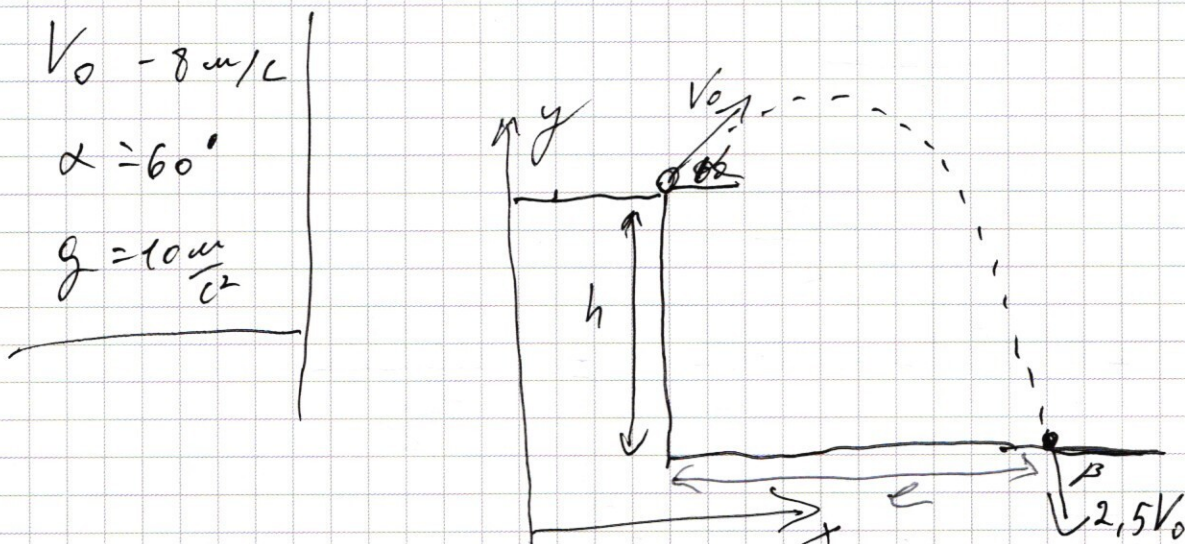


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

№1



~~8 м/с~~ ~~$V_k = V_0 \cos \alpha$~~ $V_k = V_{\text{конце}}$

$$V_{0x} = V_0 \cdot \cos \alpha = \frac{V_0}{2}$$

$$V_{kx} = \cancel{V_{0x}} V_{0x} = \frac{V_0}{2}$$

$$V_k^2 = V_{ky}^2 + V_{kx}^2$$

$$V_{ky}^2 = V_k^2 - V_{kx}^2 = 6,25 V_0^2 - 0,25 V_0^2 = 6 V_0^2$$

$$V_{ky} = \pm \sqrt{6} V_0$$

$$V_{ky} = -8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

будем — ТК
в конечный

момент тело падает $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ верт проекция отрицательна

$$S_y = \frac{v_{ky}^2 - v_{my}^2}{2g_y}$$

$$-h = \frac{6V_0^2 - (V_0 \cdot \sin \alpha)^2}{-2g} = \frac{6V_0^2 - \frac{3}{4}V_0^2}{-2g}$$

$$h = \frac{5,25 V_0^2}{2g}$$

$$\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$\text{ог: } -h = \frac{V_0}{2} t - \frac{g t^2}{2} = \frac{5,25 V_0^2}{-2g}$$

$$\frac{g t^2}{2} - \frac{V_0}{2} t - \frac{5,25 V_0^2}{2g} = 0$$

$$D = \frac{3}{4} V_0^2 + \frac{21 V_0^2 g}{4g} = \frac{24}{4} V_0^2 = 6 V_0^2$$

$$t = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} V_0 \pm \sqrt{6} V_0}{g} =$$

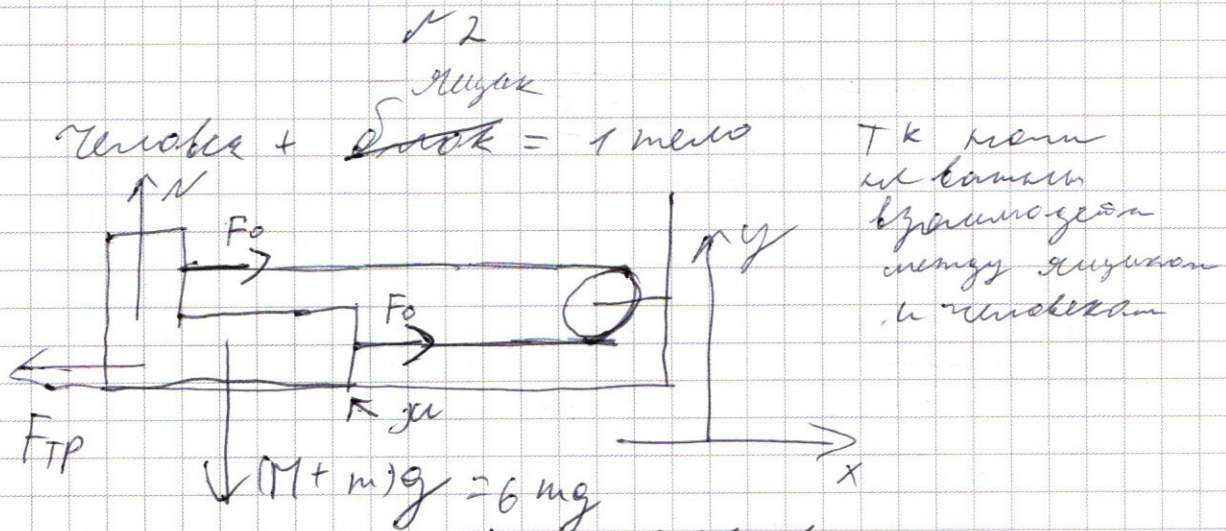
сумма и разность
по формуле
определения

$$t = \frac{V_0}{g} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right) = \underline{\underline{0,8 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right) \text{ с}}}$$

$$\text{ох: } l = \frac{V_0}{2} t = \frac{V_0^2}{2g} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right) = \underline{\underline{3,2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right) \text{ м}}}$$

- Ответ:
- 1.) $8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 - 2.) $0,8 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right) \text{ с}$
 - 3.) $3,2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \sqrt{6} \right) \text{ м}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Т.к. мы ищем $\Rightarrow$ ускорение $= 0$

По закону Ньютона

$$\text{по } x: 2F_0 = F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$\text{по } y: N = 6mg$$

$$2F_0 = \mu N = 6\mu mg$$

$$F_0 = 3mg$$

или есть ускорение

По закону Ньютона

$$\text{по } x: 2F_0 - F_{\text{тр}} = 6am$$

$$2F - 6\mu mg = 6am$$

$$\text{по } y: N = 6mg$$

$$F - 3\mu mg = 3am$$

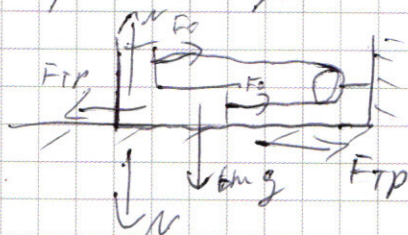
$$a = \frac{F}{3m} - \mu g$$

$$S_x = \frac{V_{KX}^2 - V_{HX}^2}{2a_x}$$

$$S = \frac{V_{KX}^2}{2a}$$

$$V_{KX} = \sqrt{2Sa} = \sqrt{2S\left(\frac{F}{3m} - \mu g\right)}$$

расстояние, если действо на нем



На нем действуют ~~силы~~
сила трения и сила реакции
опоры и ~~силы~~ ~~силы~~ ~~силы~~

и в сумме Р

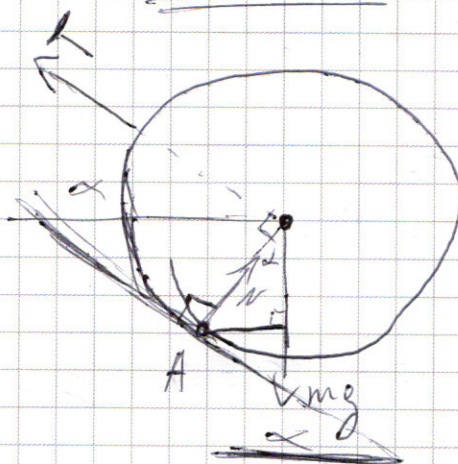
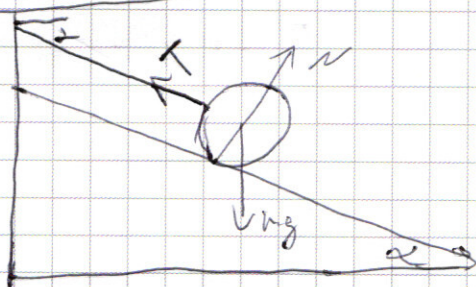
Эти силы $\perp \Rightarrow$

Решение
используя
ТРИГОНОМЕТРИЮ

$$P = \sqrt{(6mg)^2 + (F_{тр})^2} = \sqrt{36m^2g^2 + 36\mu^2m^2g^2} = 6mg\sqrt{1+\mu^2}$$

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

≈ 3



~~третью составляющую силы (T) A~~

на шар действуют 3 силы и он в равновесии



они пересекаются
в одной точке, в центре

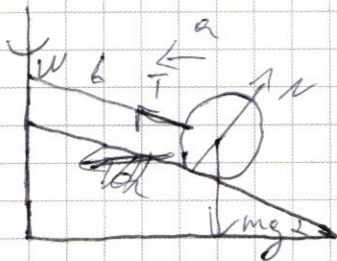
прав может быть 1.1 А

$$TR = mgR \cdot \sin \alpha$$

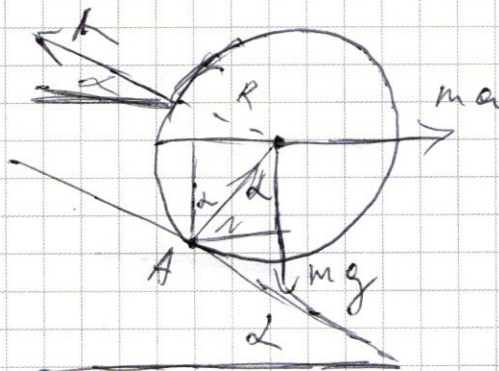
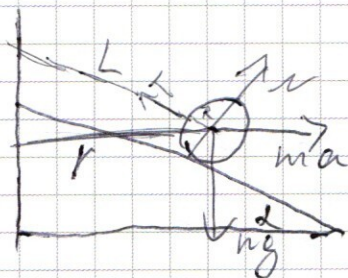
$$T = mg \cdot \sin \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

с вращением



перемещим в $\Delta M \Delta O$
векторизуем LO
броуновского движения
с кинематическим углом α



и mg и ma можно объединить в одну
и ось так не будет проходить через
центр шара $\Rightarrow$ и T тоже ~~не проходит~~
через центр

Угол вращается по окружности радиуса
 $r = (L+R) \cos \alpha$

Угловой скоростью $\omega \Rightarrow a = \omega^2 r$

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

правильно измерено отсюда (-) A

$$TR = mg R \sin \alpha + m a R \cos \alpha$$

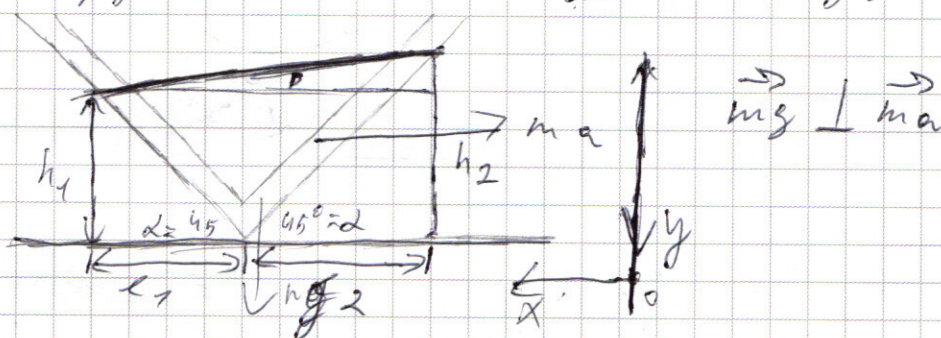
$$T = mg \sin \alpha + m a \cos \alpha = \underline{\underline{m(g \sin \alpha + a \cos \alpha) \cdot (L+R)}}$$

Ответ: 1.) $T = mg \sin \alpha$

2.) $T = m(g \sin \alpha + a \cos \alpha) \cdot (L+R)$

или

перейдем к координатам с 0
формулируем ускорения а вместе
с трубой



$$\text{Так } \alpha = 45^\circ \Rightarrow l_1 = h_1 ; l_2 = h_2$$

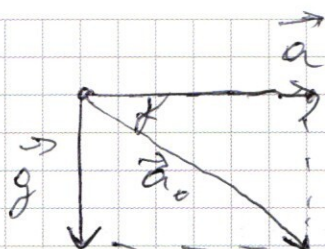
угол наклона ^{уровня} трубки от горизонта = β

$$\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{l_1 + l_2} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

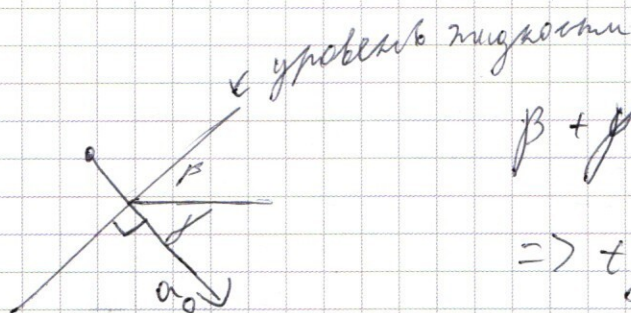
уровень трубки $\perp$ общей ускорению
действующей на систему = a_0

или

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{g}{a}$$



$$\beta + \varphi = 90^\circ \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \varphi$$

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

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{4 \text{ м}}{20 \text{ м}} = \underline{\underline{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}}$$

Когда остановившаяся верхняя
курочка воды нужно будет от
на $\frac{h_2 - h_1}{2}$ и от начала ~~туда~~

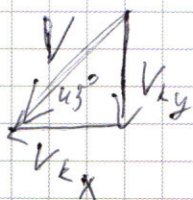
с ускорением g и МАХ скорость будет
в конце когда она опуст на $\frac{h_2 - h_1}{2}$, а потом
она будет падать дальше по воде
с другой трубки будет тормозить
его $\Rightarrow$ скорость меньше

$$S_y = \frac{v_{ky}^2 - v_{ky}^2}{2 a_y}$$

$$\frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{v_{ky}^2}{2g}$$

$$v_{ky}^2 = g(h_2 - h_1)$$

$$v_{ky} = \sqrt{g(h_2 - h_1)}$$



$$V = V_{ky} \cdot V = \frac{V_{ky}}{\sin 45^\circ}$$

$$V = \sqrt{2} V_{ky} = \sqrt{2g(h_2 - h_1)}$$

с. 5

Тк пар не насыщенный и температура не меняется $\Rightarrow$ давление паров тоже не меняется

2.1. Уравнение М-к.

в начале $\downarrow$ объем газа $\uparrow$ концы

$$I \quad p V_2 = \nu_H RT$$

кон-во газа $\downarrow$ кон-во газа $\downarrow$ масса $\downarrow$ перем. в воде

$$\nu_H = \nu_k + \nu_b$$

в конце

$$II \quad p V_2 = \nu_k RT \quad \rightarrow \quad \nu_k RT = V_2 = \frac{\nu_k RT}{p}$$

$$I : II \quad \cancel{p} \quad \cancel{V_2} = \frac{\nu_H}{\nu_k}$$

$$\nu_H = \gamma \nu_k$$

$$\nu_k (\gamma - 1) = \nu_b$$

запишем уравнение М-к в начале

$$p V = \nu RT$$

$$\frac{\nu_H}{V} = \frac{p}{RT}$$

$V = V_{\text{газа в произвольный момент}}$
 $\nu = \nu_{\text{газа в произвольный момент}}$

$$p_2 = p_{\text{паров}}$$

$\downarrow$ масса газа

$$p_2 = \frac{m}{V} = \frac{\mu \nu}{V} = \frac{\mu p}{RT}$$

~~масса паров во время эжекции~~

не меняется Тк. не меняется концентрация Тк

не меняется давление

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_{\text{возм}} = V_1$$

$$V_1 = \frac{m_{\text{возм}}}{\rho} = \frac{v_k \cdot \mu}{\rho} = \frac{v_k (\gamma - 1) \mu}{\rho}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{v_k RT}{\rho}}{\frac{v_k (\gamma - 1) \mu}{\rho}} = \frac{RT}{\mu (\gamma - 1)}$$

$$\rho_2 = \frac{\mu P}{RT} = \frac{12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 368 \text{ К}} =$$

$$= \frac{85 \cdot 10^5}{831 \cdot 368} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} =$$

$$= \frac{8500000}{305708} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \approx 2,8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{RT}{\mu (\gamma - 1)} = \frac{P}{\rho_2 (\gamma - 1)} \approx \frac{12 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{2,8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \cdot 3,4} =$$

$$= \frac{10^5}{2,8 \cdot 3,4} = \frac{10^5}{10,56} \approx 9,5 \cdot 10^8$$

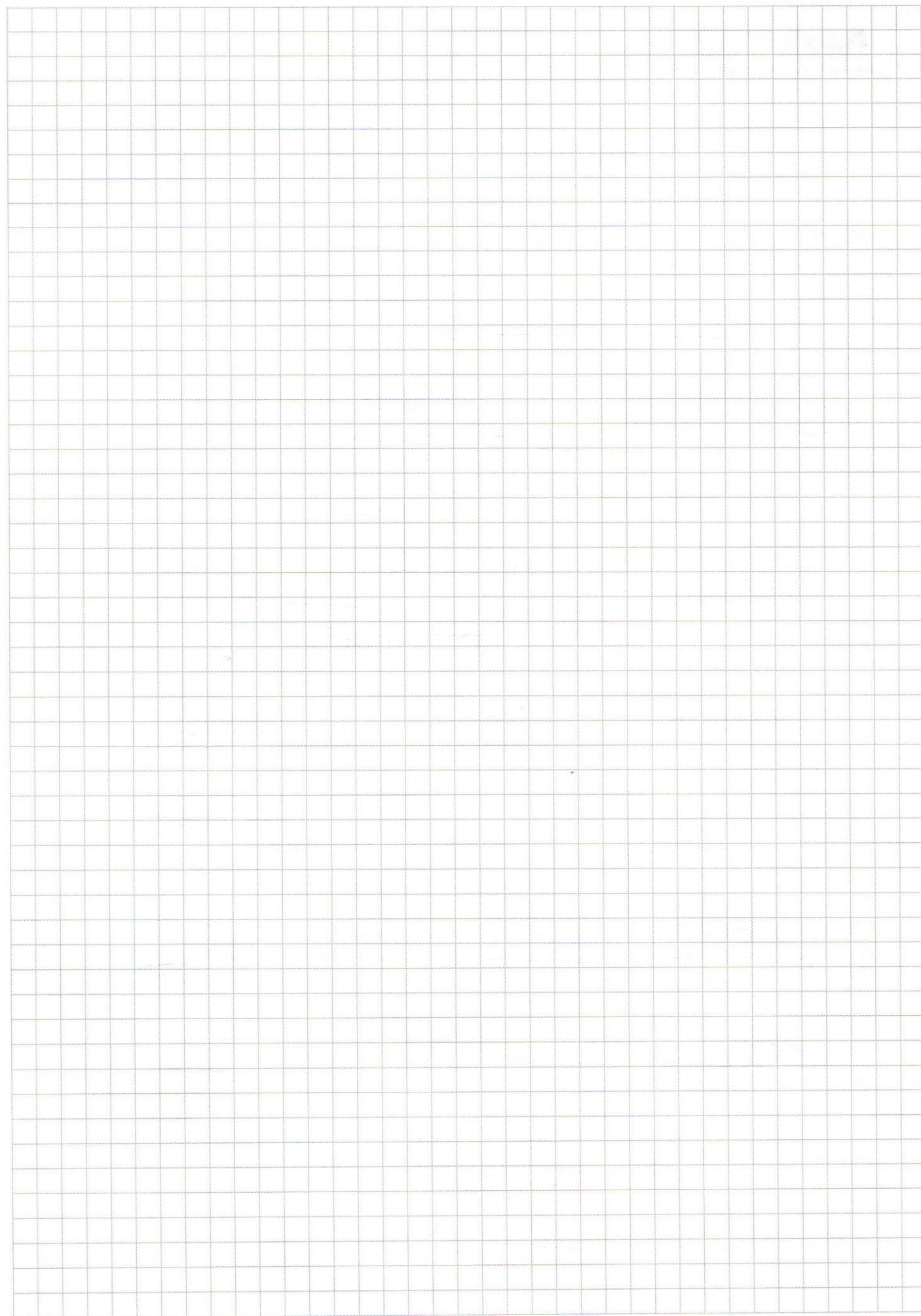
Ответ: 1. $\rho_2 = \frac{\mu P}{RT} = 2,8 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$

2. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{RT}{\mu (\gamma - 1)} = 9 \cdot 10^8$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 368 \\ \hline 6698 \\ 4986 \\ 2493 \\ \hline 305708 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 29 \\ 305 \\ \hline 145 \\ 87 \\ \hline 8845 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,8 \\ 3,4 \\ \hline 196 \\ 86 \\ \hline 1056 \end{array}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)