

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-03

Класс 10

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка не принимаются.

1. Мальчик бросает стальной шарик с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете шарик все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости шарика при падении на Землю.

2) Найти время полета шарика.

3) С какой высоты был брошен шарик?

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

2. На противоположных концах тележки массы M , находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, стоят два ученика одинаковой массы m каждый. Длина тележки L . Вначале система неподвижна. Один ученик бросает мяч, а другой ловит. Масса мяча m_1 . В процессе полета горизонтальная составляющая скорости мяча относительно поверхности, на которой находится тележка, равна V_0 .

1) Найдите скорость V_1 тележки после броска.

2) Найдите продолжительность T полета мяча.

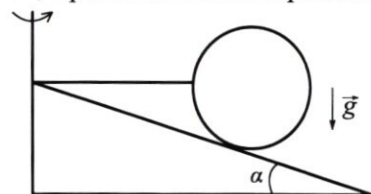
3) Найдите скорость V_2 тележки после того, как второй ученик поймает мяч.

Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

3. Однородный шар массой m находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью длиной L , привязанной к вершине 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.



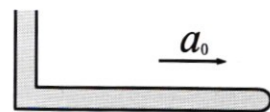
4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой $H = 40$ мм, открытым в атмосферу, заполнена полностью ртутью (см. рис.). Если трубку двигать (в плоскости рисунка) с ускорением, не большим некоторого a_0 , то ртуть из трубки не выливается.

1) Найти давление P_1 внутри трубки в точке А, находящейся от вертикального колена на расстоянии $1/3$ длины горизонтального колена, если трубка движется с ускорением a_0 .

2) Найти давление P_2 в точке А, если трубка движется с ускорением $0,6a_0$.

3) Найти давление P_3 вблизи закрытого конца трубки, если она движется с ускорением $0,8a_0$.

Атмосферное давление $P_0 = 740$ мм рт. ст. Давлением насыщенных паров ртути в условиях опыта пренебречь. Ответы дать в «мм рт. ст.».



5. Поршень делит объем горизонтального герметичного цилиндра на две равные части, в каждой из которых находится вода и водяной пар при температуре $T = 373$ К. Масса воды в каждой части в 5 раз меньше массы пара. Поршень находится на расстоянии $L = 0,6$ м от торцов, площадь поперечного сечения поршня

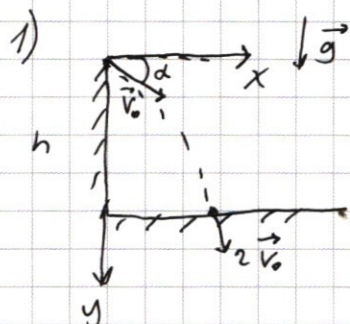
$S = 20$ см². Масса M поршня такова, что $\frac{Mg}{S} = 0,01P_0$, здесь P_0 – нормальное атмосферное давление.

1) Найдите массу m воды в каждой части в начальном состоянии.

2) Цилиндр ставят на дно. Найдите вертикальное перемещение h поршня к моменту установления равновесного состояния.

Температура в цилиндре поддерживается постоянной. Трение считайте пренебрежимо малым. Молярная масса водяного пара $\mu = 18$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Объем воды намного меньше объема пара.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Так как шарик всё время приходит-
ся, то он был брошен вниз, а не
вверх.

$$V_y = V_0 \sin \alpha + gt \quad t - \text{время падения.}$$

$$V_x^2 + V_y^2 = 4V_0^2 = (V_0 \sin \alpha + gt)^2 + (V_0 \cos \alpha)^2 = V_0^2 + g^2 t^2 + 2V_0 g t \sin \alpha$$

$$g^2 t^2 + 2V_0 g t \sin \alpha - 3V_0^2 = 0$$

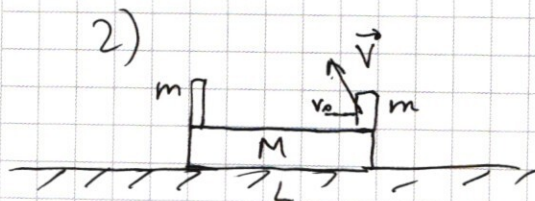
$$D_1 = V_0^2 g^2 \sin^2 \alpha + 3V_0^2 g^2 = \frac{13}{4} V_0^2 g^2$$

$$t = \frac{-V_0 g \sin \alpha + \sqrt{\frac{13}{4} V_0^2 g^2}}{g^2} = \frac{V_0}{2g} (\sqrt{13} - 1) \approx \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha + gt = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

$$h = V_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = \frac{5}{2} (\sqrt{13} - 1) \text{ м} + \frac{5}{4} (\sqrt{13} - 1)^2 \text{ м} = 15 \text{ м}$$

Отвечем: $t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}; \quad V_y = 5\sqrt{13} \text{ м/с}; \quad h = 15 \text{ м}$



$$m_1 V_0 = (2m + M) V_1 \quad \text{по 3-му на}$$

горизонтальной оси.

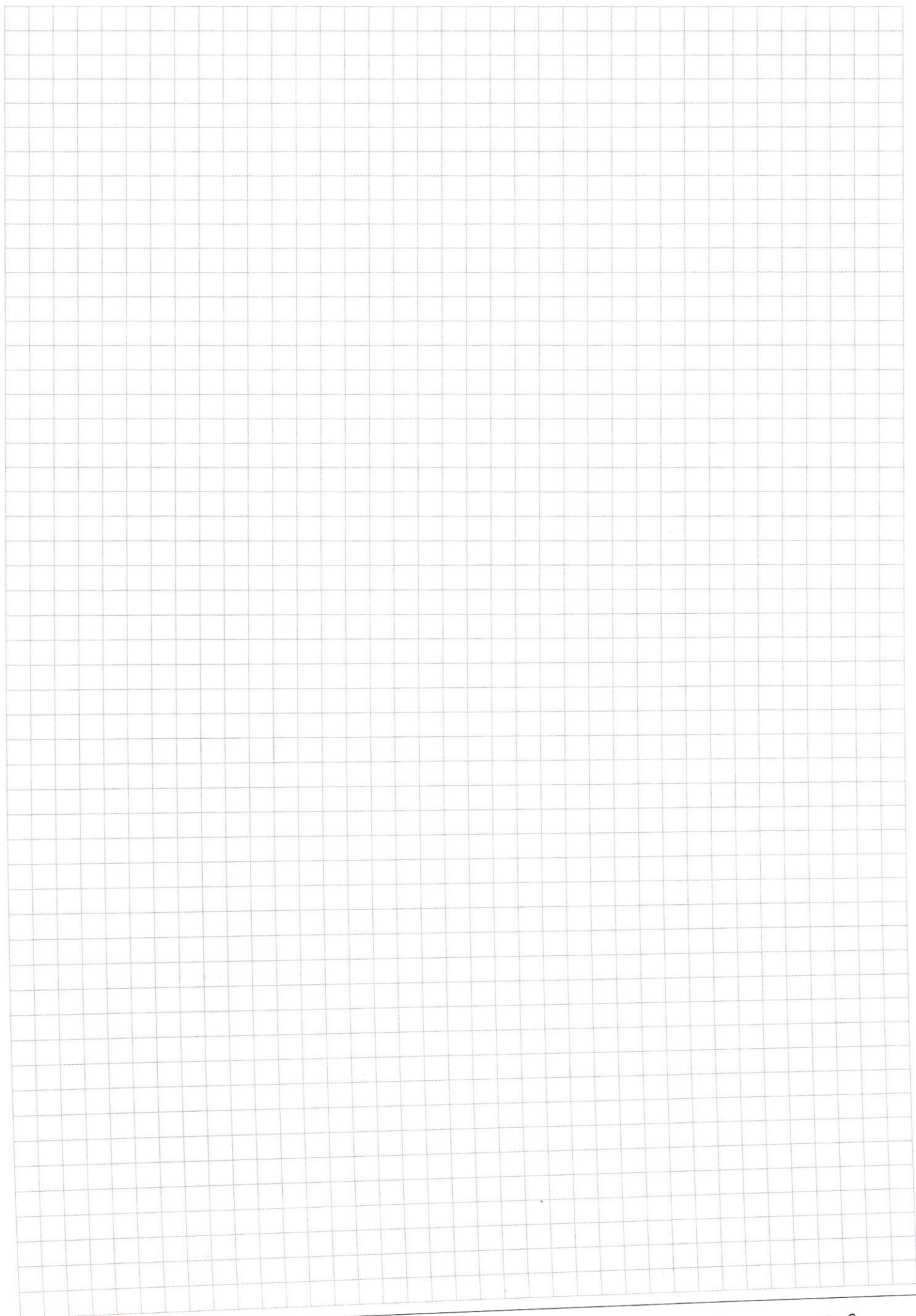
$$V_1 = \frac{m_1 V_0}{2m + M} \quad \text{и направлена в сторону}$$

противоположную $\vec{V}_0$

$$L = (V_0 + V_1) T$$

$$T = \frac{L}{V_0 + \frac{m_1 V_0}{2m + M}} = \frac{L}{V_0 \frac{2m + M + m_1}{2m + M}} = \frac{L(2m + M)}{V_0(2m + M + m_1)}$$

Т.к. система замкнутая при движении вдоль
горизонтальной оси, ~~то~~ ~~а~~ а после того,
как мы поймем, скорости всех составляющих системы
относительно друг друга равны нулю, то $V_2 = 0$.

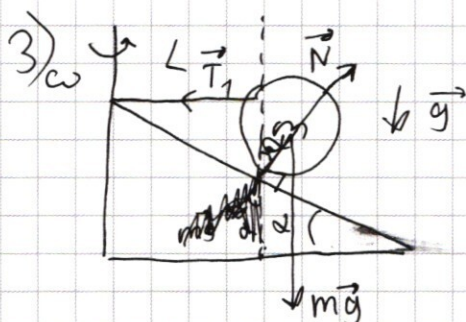


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $V_1 = \frac{m_1 V_0}{2m+M}$; $T = \frac{L(2m+M)}{V_0(2m+M+m_1)}$; $V_2 = 0$



$$mg = N \cos \alpha$$

N — сила реакции со стороны клина.

$$T_1 = N \sin \alpha = mg \tan \alpha$$

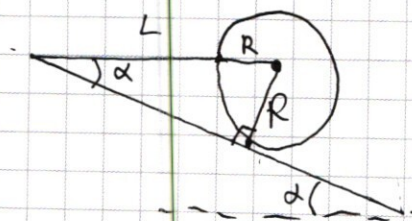
↑ сила натяжения, когда система покоится.

При вращении останется в силе условие равновесия относительно вертикальной оси, и $\vec{N}$ будет то же. $\vec{N}$ не может сместиться в другую точку тела, т.к. шар касается клина только в одной точке.

Найдём радиус шара,

$$\sin \alpha = \frac{R}{L+R}$$

$$R = \frac{L \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}$$



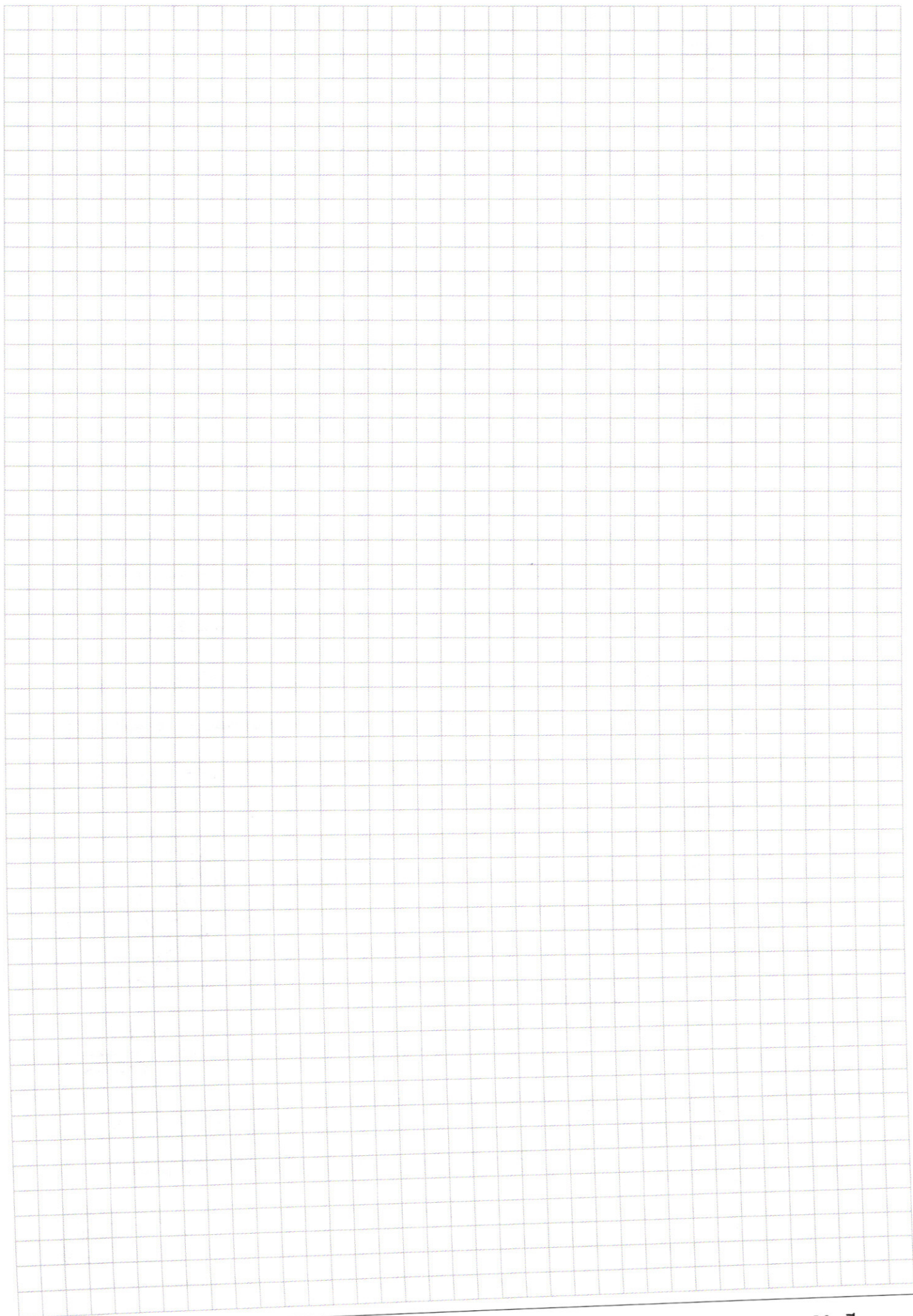
Ум шара как расстояние до расстоянием $l = L + \frac{L \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}$

$$= \frac{L}{1 - \sin \alpha} \text{ или } m\omega^2 l = T_2 - N \sin \alpha = T_2 - mg \tan \alpha$$

T_2 — сила натяжения во второй точке.

$$T_2 = \frac{m\omega^2 L}{1 - \sin \alpha} + mg \tan \alpha$$

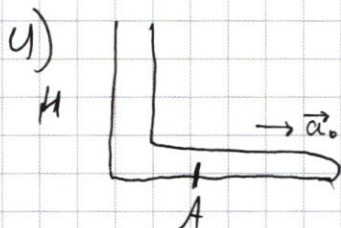
Ответ: $T_1 = mg \tan \alpha$; $T_2 = \frac{m\omega^2 L}{1 - \sin \alpha} + mg \tan \alpha$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 7
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Ртуть начинает выливаться, когда закрытый конец трубки перестает действовать на неё, т. е. ртуть в горизонтальном колене движется только под действием давления со стороны ртути в вертикальном колене.

Находим:

$$(p_0 + \rho_{\text{рт}} h) S = \rho L a_0$$

ρ - плотность ртути, S - площадь сечения трубки, L - длина горизонтального колена.

Т. к. $\rho_{\text{рт}} = 40 \text{ мм.рт.ст.}$, то $\rho = \frac{40 \text{ мм.рт.ст.}}{g_H}$

$$780 \text{ мм.рт.ст.} = \rho L a_0$$

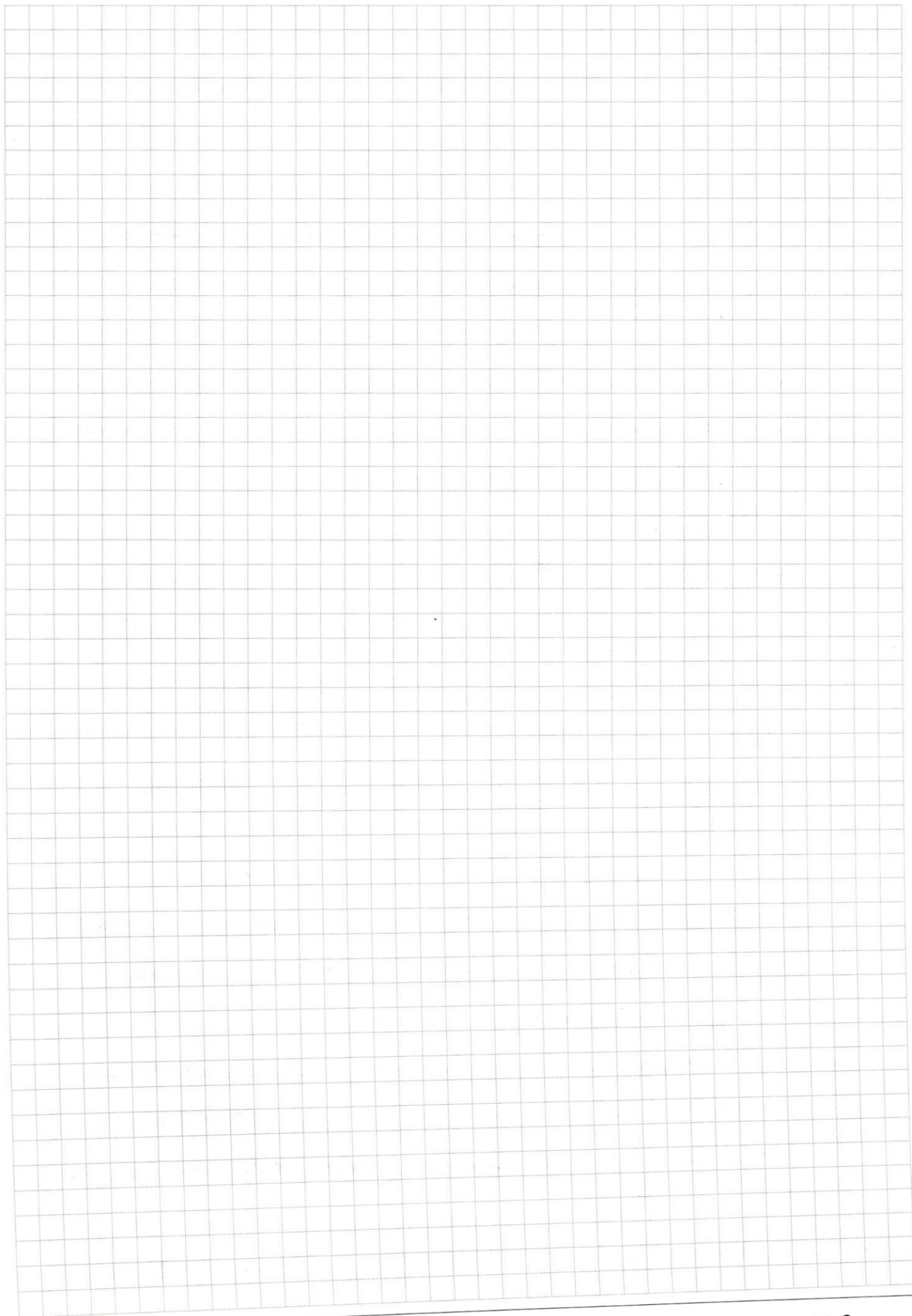
$$L a_0 = \frac{780 \text{ мм.рт.ст.}}{\frac{40 \text{ мм.рт.ст.}}{g_H}} = 19,5 g_H = \frac{39}{2} g_H$$

$$p_1 = \frac{2}{3} (p_0 + \rho_{\text{рт}} h) = 520 \text{ мм.рт.ст.}, \text{ т. к.}$$

масса ртути в части трубки за точкой А составляет $\frac{2}{3}$ от общей массы ртути в горизонтальной части.

Так как трубка не деформируется относительно вертикальной оси координат, то давление в перегибе всегда будет равно $780 \text{ мм.рт.ст.} = \rho L a_0 = \frac{39}{2} \rho g_H$

Когда трубка движется с ускорением, меньшим a_0 , то



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 8
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

со стороны закрытого конца действует
какая-то сила реакции N_1 , направлена

горизонтально создающая избыточное
давление P_4

$$0,6 \rho L S \alpha_0 = \rho L S \alpha_0 - N_1$$

$$N_1 = 0,4 \rho L S \alpha_0$$

$$P_2 S - N_1 S = \frac{2}{3} \rho L S \alpha_0 \cdot a_0$$

При ускорении $0,8 \alpha_0$:

$$0,8 \rho L S \alpha_0 = \rho L S \alpha_0 - N_2 S$$

$$N_2 S = 0,2 \rho L S \alpha_0$$

$$0,6 \rho L S \alpha_0 = \rho L S \alpha_0 - P_4 S$$

$$P_4 S = 0,4 \rho L S \alpha_0$$

$$P_2 S - P_4 S = \frac{2}{3} \cdot 0,6 \rho L S \alpha_0$$

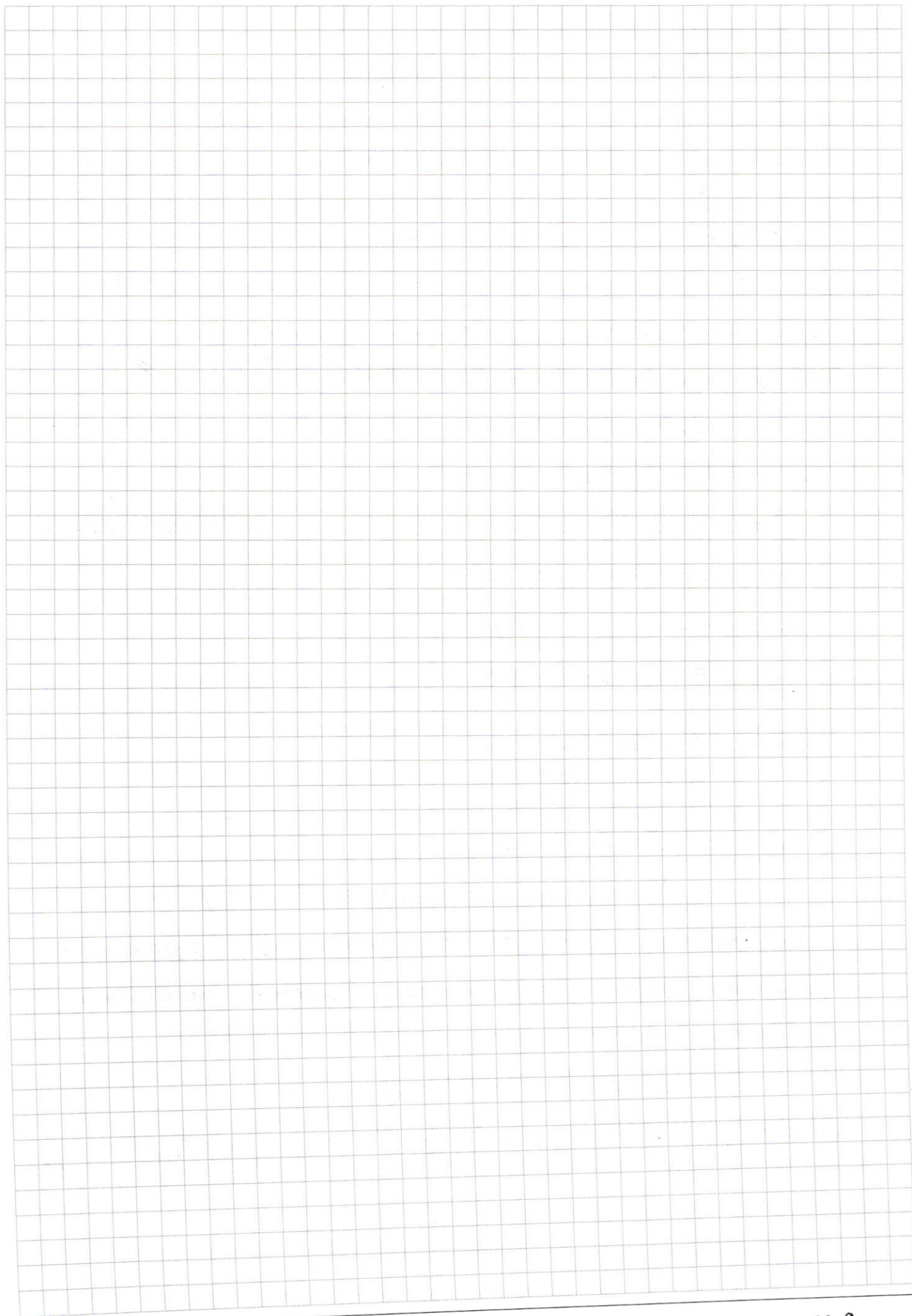
$$P_2 = \rho L \alpha_0 \left(\frac{2}{3} \cdot 0,6 + 0,4 \right) = 624 \text{ мм.рт.ст.}$$

При ускорении $0,8 \alpha_0$ действует сила N_1 , создающая
давление у закрытого конца давление P_3 .

$$0,8 \rho L S \alpha_0 = \rho L S \alpha_0 - P_3 S$$

$$P_3 = 0,2 \rho L S \alpha_0 = 156 \text{ мм.рт.ст.}$$

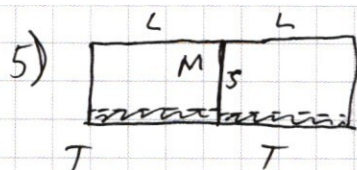
Ответ: $P_1 = 520 \text{ мм.рт.ст.}$; $P_2 = 624 \text{ мм.рт.ст.}$, $P_3 = 156 \text{ мм.рт.ст.}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 9
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Объём воды можно считать пренебрежимо малым.

Т.к. система полностью симметрична относительно центра и находится в равновесии, то справа и слева одинаковые массы пара и, соответственно, воды.

Давление справа и слева равно p_0 , т.к. $T = 373\text{K}$ и там насыщенный пар.

$$p_0 S L = \frac{m_n}{\mu} R T; \quad m_n = \frac{p_0 S L \mu}{R T} \approx 0,92$$

m_n - масса пара в правой части в начальном состоянии. Соответственно, масса воды $m_w = \frac{m_n}{5} =$

$$= 0,182.$$

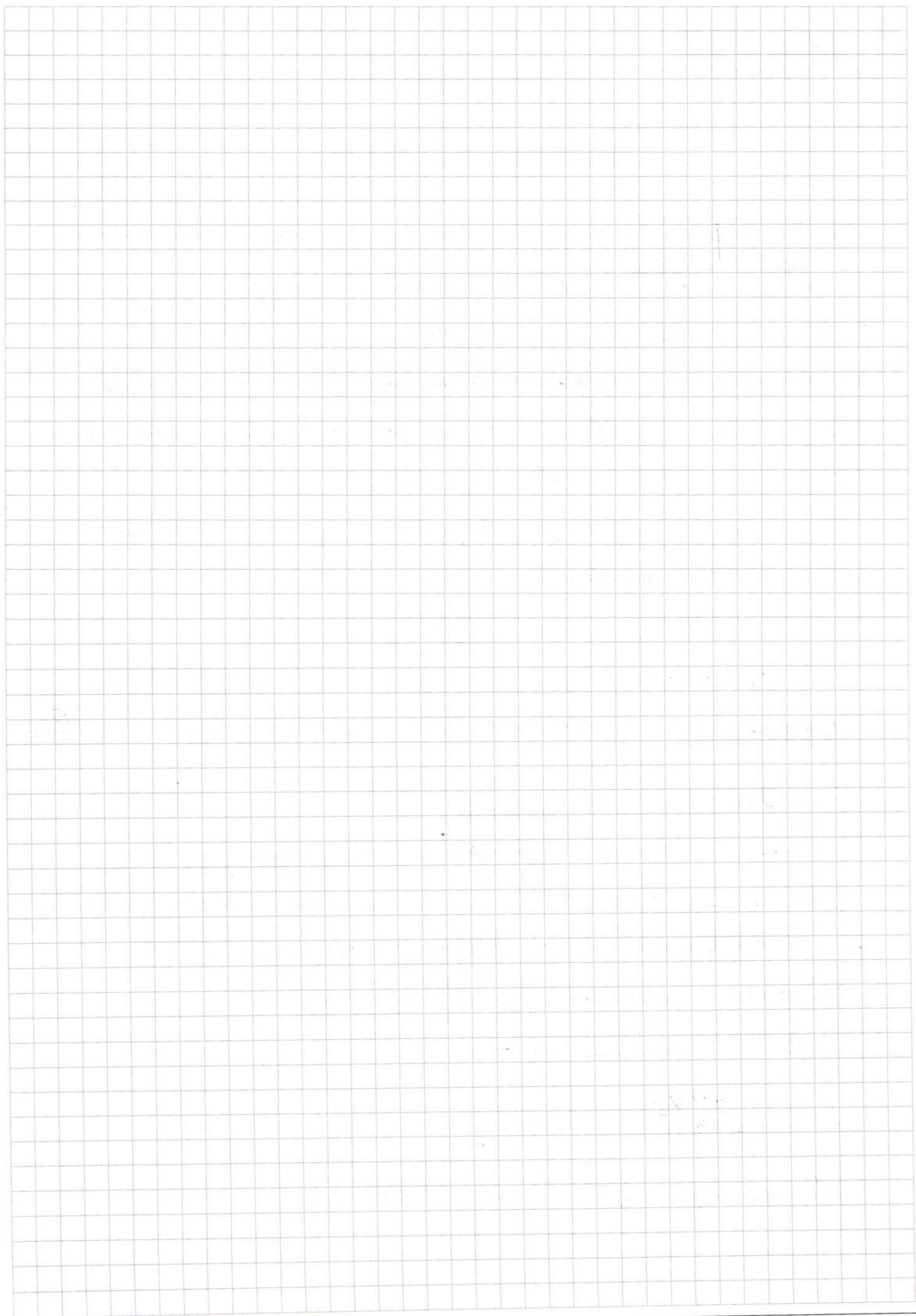
цилиндр.

После того, как ~~переворот~~ перевернут, давление в нижней части останется равным p_0 , а в верхней вся вода испарится и давление станет $p_0 - \frac{Mg}{S} = 0,99p_0$.

$$0,99p_0 S(L+h) = \frac{m_n + m_w}{\mu} R T$$

$$h = \frac{(m_n + m_w) R T}{0,99 \mu p_0 S} - L \approx 35\text{cm}$$

Ответ: $m_w = 0,182$, $h = 35\text{cm}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 10
(Нумеровать только чистовики)