

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 10-01

Класс 10

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.

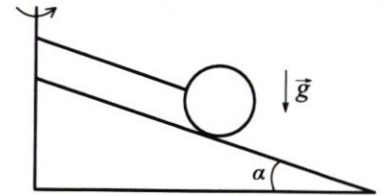
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 F_0 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?

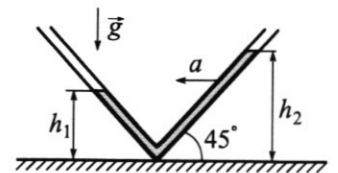
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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.

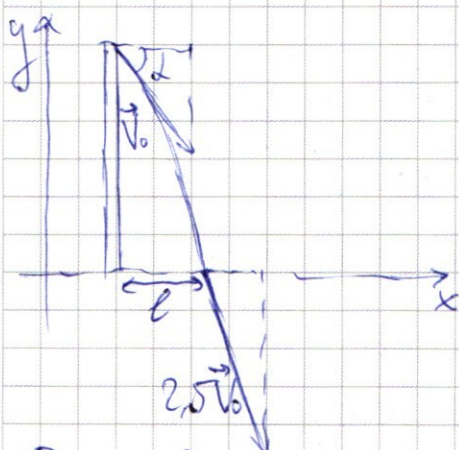
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

№ 1

Так как в полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли, то его скорость была направлена к Земле (~~15~~).



$$V_{0x} = V_0 \cos \alpha = \frac{1}{2} V_0$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0$$

$$(2,5V_0)_x = V_{0x} = V_0 \cos \alpha \quad (\text{по оси } x$$

на камень не действуют никакие силы)

По т. Пифагора: $(2,5V_0)^2 = (V_0 \cos \alpha)^2 + (2,5V_0)_y^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2,5V_{0y} = \sqrt{6} V_0$ - вертикальная компонента скорости камня при падении на землю.

$$\sqrt{6} V_0 = 8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 8 \cdot 2,45 \text{ м/с} = 19,6 \text{ м/с}$$

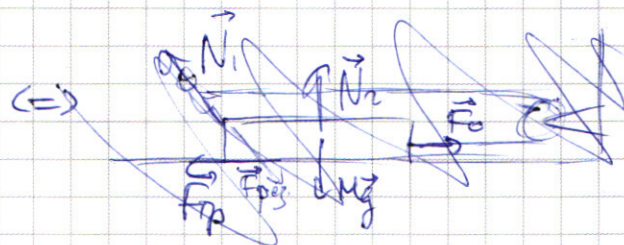
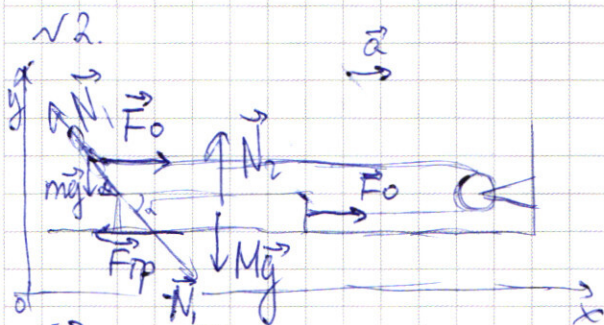
$$V_0 \sin \alpha + g t = (2,5V_0)_y$$

$$4 \text{ м/с} + (10 \text{ м/с}^2) \cdot t \approx 19,6 \text{ м/с}$$

$$t \approx \frac{(19,6 - 4) \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 1,56 \text{ с}$$

$$l = V_0 \cos \alpha t = \left(\frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 1,56\right) \text{ м} = 6,24 \text{ м}$$

Ответ: 1) 19,6 м/с; 2) 1,56 с; 3) 6,24 м



$\vec{F}_{рез} = \vec{F}_0 + m\vec{g}$ Пусть система движется с каки-то ускорением $\vec{a}$ (возможно, нулевым)

$$\begin{cases} m\vec{a} = \vec{F}_0 + m\vec{g} + \vec{N}_1 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} M\vec{a} = \vec{F}_0 + M\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{fp} - \vec{N}_1 \end{cases} \quad (2)$$

Проецируем все силы на ось Oy (нуль не пишем): $N_2 - mg - Mg + N_1 \sin \alpha - N_1 \sin \alpha = 0$ (0, т.к. по оси y система ~~не перемещается~~ ~~и~~ находится в покое $\Rightarrow$ результирующая сила, действующая на систему в проекции на ось y дает 0) $\Rightarrow N_2 = mg + Mg = (M+m)g = 6mg$

$F_{fp} = \mu N_2 = \mu g(M+m) = 6\mu mg$

Выразим N_1 через (1): $\vec{N}_1 = m\vec{a} - \vec{F}_0 - m\vec{g}$

Подставим во (2): $M\vec{a} = \vec{F}_0 + M\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{fp} - m\vec{a} + \vec{F}_0 + m\vec{g}$

$$(M+m)\vec{a} = 2\vec{F}_0 + (M+m)\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{fp} \quad (3)$$

Чтобы ^{еще} блок начал движение, надо, чтобы а человек действовал на него с минимальной постоянной силой, то $\vec{a} = \vec{0}$. Тогда:

$$2\vec{F}_0 + (M+m)\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{fp} = \vec{0} \quad (4)$$

Спроецируем (4) на ось Ox : $2F_0 = F_{fp}$

$$F_{fp} \text{ (еще блок в движении)} = \mu N_2 = 6\mu mg = \mu(M+m)g = 6\mu mg \Rightarrow F_0 = \frac{F_{fp}}{2} = 3\mu mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Пусть теперь человек прикладывает силу $F > F_0$.

Тогда: $(M+m)\vec{a} = 2\vec{F} + (M+m)\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{тр}}$ (5)

Спроецируем (5) на Ox :

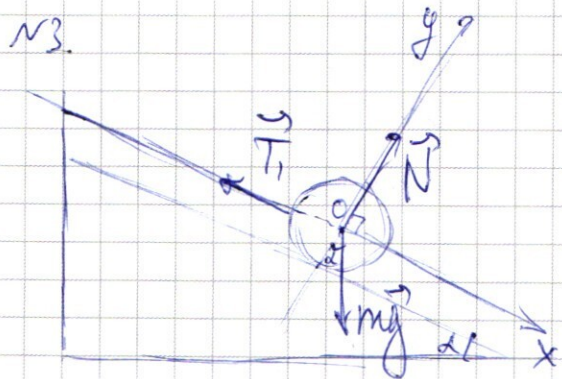
$$(M+m)a = 2F - F_{\text{тр}} = 2F - \mu(M+m)g$$

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

Начальная скорость равна 0 $\Rightarrow S = \frac{at^2}{2}$, $v_k = at \Rightarrow$

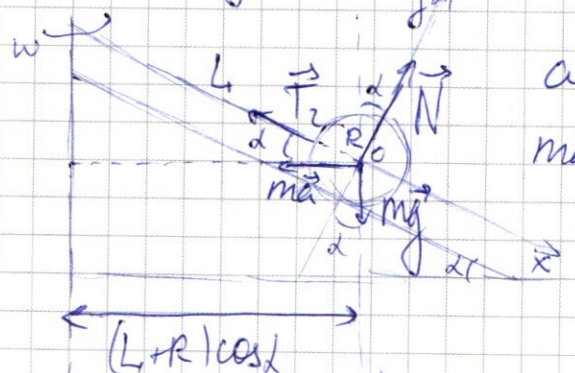
$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}, \quad v_k = \sqrt{2as} = \sqrt{2S\left(\frac{2F}{M+m} - \mu g\right)} = \sqrt{2S\left(\frac{2F}{3m} - \mu g\right)}$$

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



Т.к. шар покоится, то $\vec{T}_1 + \vec{N} + m\vec{g} = \vec{0}$

Спроецируем на ось Ox : $mg \sin \alpha = T_1$



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

$$m\vec{a} = \vec{T}_2 + \vec{N} + m\vec{g}$$

Спроецируем на ось Ox :

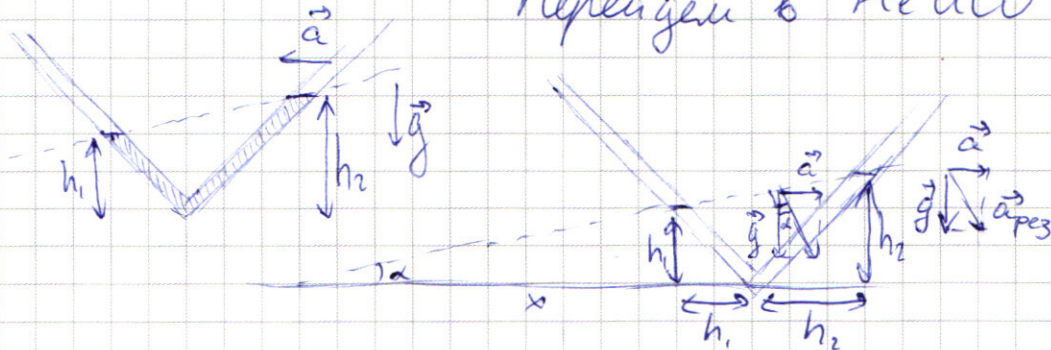
$$ma \cos \alpha = T_2 - mg \sin \alpha$$

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

Ответ: $T_1 = mg \sin \alpha$; $T_2 = m(\omega^2(L+R)\cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$

р.ч.

Перейдем в ИСО трубки:



$$\tan \alpha = \frac{h_1}{x} = \frac{h_2}{x+h_1+h_2} = \frac{a}{g}$$

Подставим вместо h_1 и h_2 значения из условия:

$$\frac{8}{x} = \frac{12}{x+8+12} \Rightarrow 8x+160=12x \Rightarrow 4x=160 \Rightarrow x=40 \text{ (см)}$$

$$\tan \alpha = \frac{8}{40} = \frac{1}{5} = \frac{a}{g} = \frac{a}{10} \Rightarrow a = 2 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

Найдем максимальную скорость тидкости:

Для этого определим сначала высоту центра масс: центр масс левого колена на высоте 4 см, центр масс правого колена на высоте 6 см. Массы масла в левом и правом коленях соотносятся как 2:3 соответственно. Значит $(h-4) \cdot 2 = (6-h) \cdot 3 \Rightarrow 2h-8=18-3h \Rightarrow 5h=26 \Rightarrow h=5,2 \text{ (см)}$.

Минимальная высота $h_{\min}$, на которой может оказаться центр масс тидкости равна 5 см и достигается в тот момент, когда тидкость в левом и правом колене находится на одном уровне, т.е. 10 см.

$$mgh = mgh_{\min} + \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

$$10 \cdot 0,052 = 10 \cdot 0,05 + \frac{v_{\max}^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$10 \cdot 0,002 \cdot 2 = v_{\max}^2$$

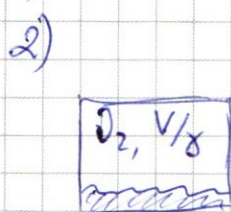
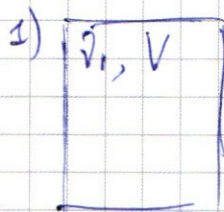
$$v_{\max} = \sqrt{0,04} = 0,2 \text{ (м/с)}$$

Отсюда: 1) ускорение трубы равно 2 м/с^2 ;
2) максимальная скорость течения равна $0,2 \text{ м/с}$.

№5.

$$pV = \nu RT$$

$T_{\text{const}} \Rightarrow p_{\text{const}}$, R - постоянная $\Rightarrow \frac{V}{\nu} = \text{const.}$



$$pV = \nu RT$$

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

$$p = p_n \frac{RT}{M}$$

$$p_n = \frac{M p}{RT}$$

$$p_n = \frac{0,018 \cdot 8,5 \cdot 10^4}{8,31 \cdot (35+273)} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{p_n}{p_0} \approx \frac{0,5}{1000} = 0,0005$$

$$\frac{V}{\nu_1} = \frac{V/\delta}{\nu_2}$$

$$\nu_2 V = \nu_1 V/\delta$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \delta$$

$$\nu_1 = \frac{m_1}{M} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \delta \Rightarrow m_1 = \delta m_2$$

$$\nu_2 = \frac{m_2}{M}$$

m_0 (масса воды)

$$m_0 = m_1 - m_2$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{m_n / p_n}{m_0 / p_0} = \frac{m_2 p_0}{(m_1 - m_2) p_n} = \frac{m_2 p_0}{m_2 (\delta - 1) p_n} \approx \frac{1000}{0,5 (4,7 - 1)} \approx 540,5$$

$$\text{Откуда: } \frac{P_n}{P_B} \approx 0,0005, \quad \frac{V_n}{V_B} \approx 540,5$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\text{length} + \frac{2\ell_0^2}{2} = \frac{B_0(2,5\ell_0)^2}{2}$$

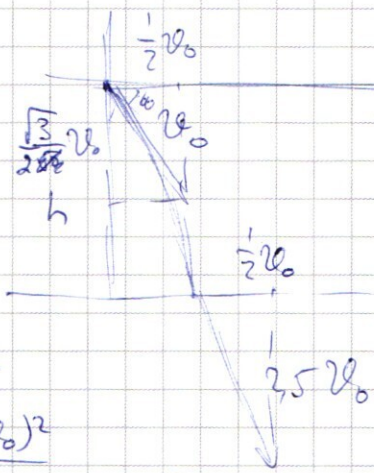
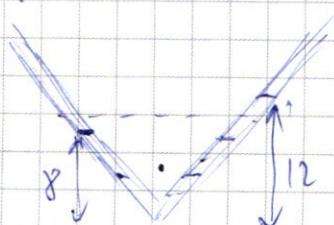
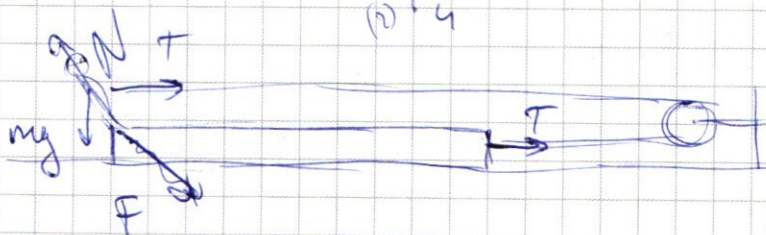
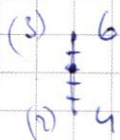
$$\frac{\sqrt{3}}{2}v_0 + gt = \sqrt{6}v_0$$

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$4\sqrt{3} \neq 10t = 8\sqrt{6}$$

$$t = 4\sqrt{6} - 2\sqrt{3} \text{ c}$$

$$l = \frac{16\sqrt{6} - 8\sqrt{3}}{5} c$$



$$\begin{array}{r} \times 2,5 \\ 2,5 \\ \hline 6,25 \end{array}$$

$$6,25 = 0,25 + x^2$$

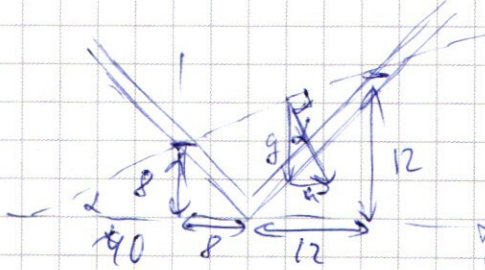
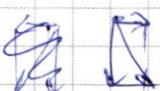
$$x^2 = 76$$

$$x = \sqrt{6} v_0 = 8\sqrt{6}$$

$$\begin{array}{r} 245 \\ \times 8 \\ \hline 1960 \end{array}$$

400 16 846
19

$$\begin{array}{r} \times 1.56 \\ 9 \\ \hline 6.24 \end{array}$$



$$\sigma g \alpha = \frac{h}{g} \Rightarrow$$

$$\frac{x}{8} = \frac{x+20}{12}$$

$$\Rightarrow a = 2u/c^2$$

$$12x = 8x + 160$$

$$4x = 160$$

$$x = 40$$

$$f_{yd} = \frac{1}{5}$$

5,2 cm
5 cm

$$mgh = mgh + \frac{mv^2}{2}$$

$$\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,002} = 0,02$$

$$\sqrt{0,04} = 0,2 \text{ m/s}$$

$$2T = F_p = \mu(M+m)g$$

$$F_0 = \frac{\mu(M+m)g}{2} = 3\text{ Н}$$

$$T = F_p = \mu(N_2 + N_1)$$

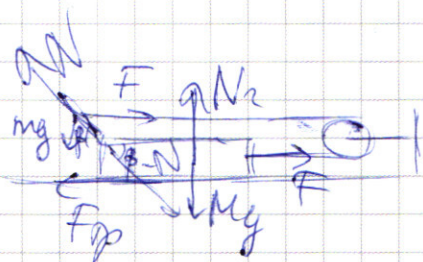
$$T + F + N_2 + Mg + F_p = 0$$

$$F \cos \alpha + T = F_p$$

$$F \sin \alpha + Mg = N_2$$

$$2T = F_p = \mu(m + Mg)$$

$$F_0 = 3\text{ Н}$$



$$Mg + N \sin \beta = N_2$$

$$N \cos \beta = F$$

$$F - N \cos \beta = ma$$

$$F + N \cos \beta - F_p = Ma$$

$$F - ma$$

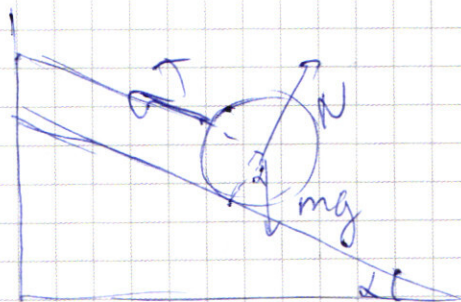
$$2F - F_p = (M+m)a$$

$$\mu(M+m)g$$

$$a =$$

$$\frac{2F}{M+m}$$

$$- \mu g$$

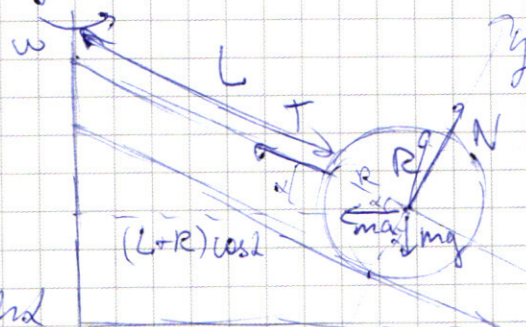


$$T + N + mg = ma$$

$$N = mg \cos \alpha + ma \sin \alpha$$

$$ma \cos \alpha + T = mg \sin \alpha$$

$$T = mg \sin \alpha$$



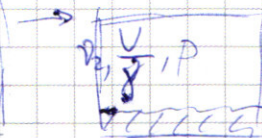
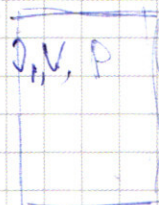
$$T = mg \sin \alpha - m \omega^2 (R+L) \cos \alpha$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$p = \frac{RT}{\mu}$$

$$pV = \text{const}$$

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$



$$S = \frac{at^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$v = at = \sqrt{2aS}$$

$$\frac{v}{v_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2} \frac{v_1}{v_2} = x$$

$$v_1 = \frac{m_1}{\mu}$$

$$v_2 = \frac{m_2}{\mu}$$

$$a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 (R+L) \cos \alpha$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 85 \\ + 90 \\ \hline 144 \\ 1530 \end{array}$$

$$273 + 95 = 368$$

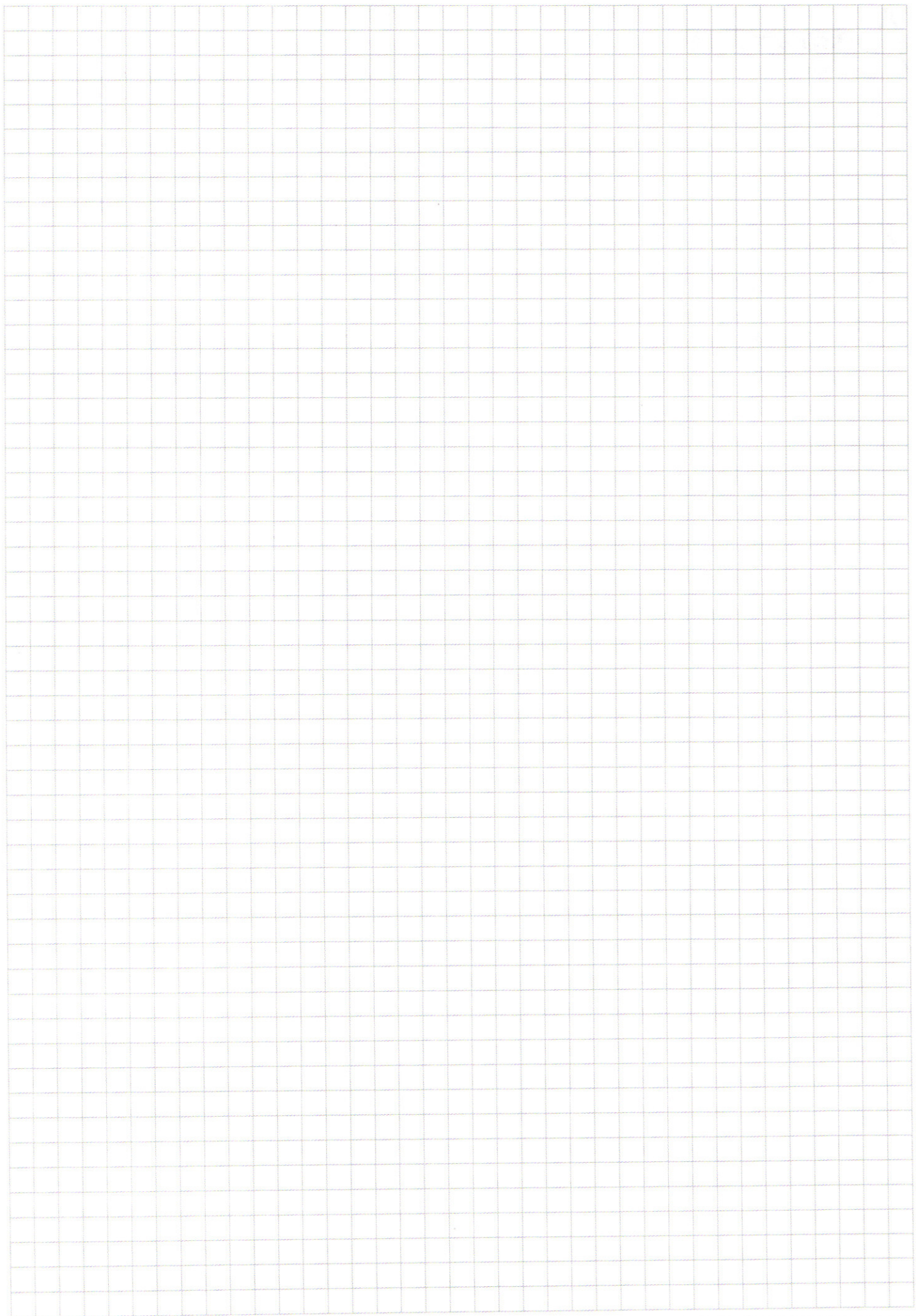
$$\begin{array}{r} \times 368 \\ 851 \\ \hline 368 \\ + 1104 \\ \hline 2944 \\ 305808 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 153000 \\ \hline 305808 \end{array} - ?$$

$$\begin{array}{r} .9900 \\ 1530000 \overline{) 305808} \\ 1529040 0,5 \\ \hline 2996 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20000 \\ \hline 37 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20000 \overline{) 132} \\ 185 37 \\ \hline 150 \\ - 148 \\ \hline 200 \end{array}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)