

Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 10

Вариант 10-02

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

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.

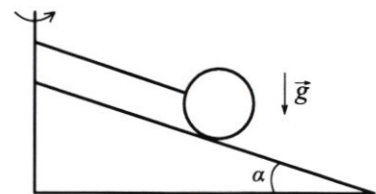
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

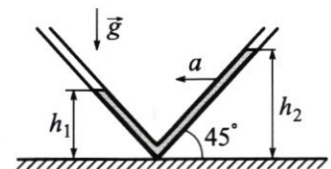
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.

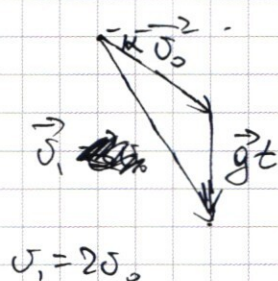
- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача ~ 1

Треугольник скоростей:



$$v_{гор} = \text{const}$$

$$v_{верт} = v_0 \sin \alpha = \frac{v_0}{2}$$

$$v_{гор} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{верт} = \sqrt{v_1^2 - v_{гор}^2} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{3 + \sin^2 \alpha} =$$

$$= \frac{\sqrt{13} v_0}{2} \approx 17,5 \text{ м/с}$$

$$v_{верт} - v_{верт} = g t$$

$$\frac{\sqrt{13}}{2} v_0 - v_0 \sin \alpha = g t \quad t = \frac{(\sqrt{13} - 1) v_0}{2g} \approx 1,25 \text{ с}$$

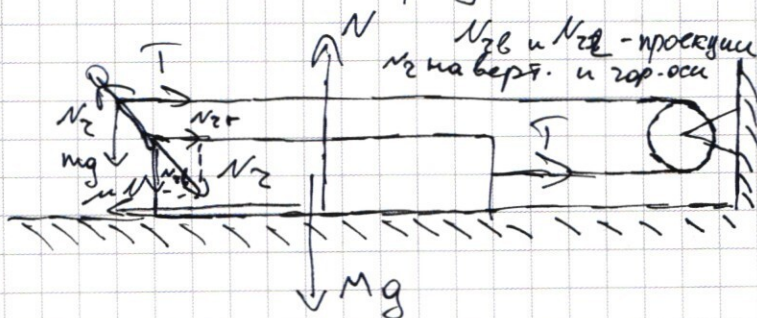
$$H = v_{верт} t + g \frac{t^2}{2} = \frac{(\sqrt{13} - 1) v_0^2}{4g} + \frac{(\sqrt{13} - 1)^2 v_0^2}{4g} =$$

$$= \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{13 - 1 + 1 + \sqrt{13} - 2\sqrt{13}}{4} \approx 2,375 \frac{v_0^2}{g} = 23,75 \text{ м}$$

Ответ: 17,5 м/с ; 1,25 с ; 23,75 м .

Задача ~ 2

Рассмотрим силы на рисунке:

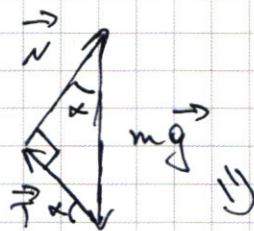
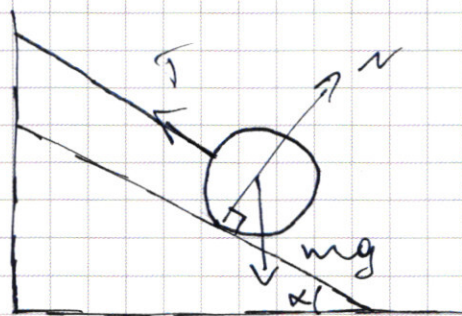


$$mg = N_{zv}$$

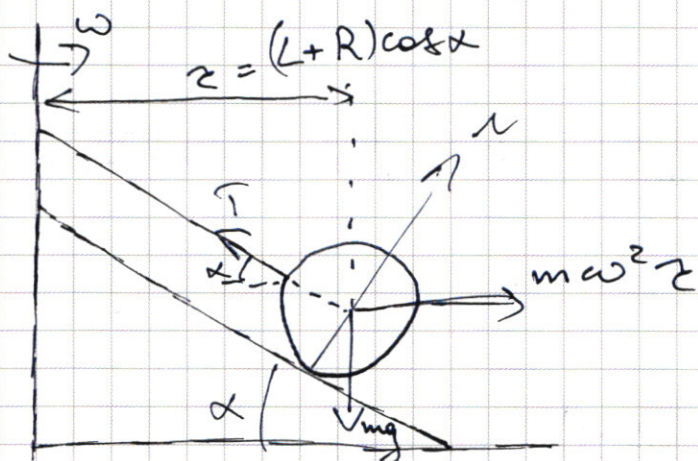
$$Mg + N_{zv} = N \Rightarrow$$

$$N = (m + M)g = 3mg$$

Задача №3.



$$N = mg \cos \alpha$$



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

$$mg = T \sin \alpha + N \cos \alpha \Rightarrow T = \frac{mg}{\sin \alpha} - N \cot \alpha$$

~~N = mg \cos \alpha~~

$$mg \cot \alpha - N \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} = N \sin \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$mg \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} - N \cos^3 \alpha = N \sin^2 \alpha \cos \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha \sin \alpha$$

$$N = \frac{m (g \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} - \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha \sin \alpha)}{\sin^2 \alpha \cos \alpha + \cos^3 \alpha} = \frac{m (g \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} - \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha \sin \alpha)}{\cos \alpha} =$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

чтобы брусок мог начать движение

$$T + N_{2r} \geq \mu N$$

$$N_{2r} = T \quad (\text{из равновесия человека}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T \geq \frac{\mu N}{2}$$

$$T_{\min} = \frac{3}{2} \mu mg = F_0$$

т.е. $F > F_0 \Rightarrow$ суммарная сила на брусок: $2F - \mu N$

~~суммарная сила на брусок:~~

~~2F - \mu N~~

ускорение
бруска

$$\frac{2F - 3\mu mg}{m} =$$

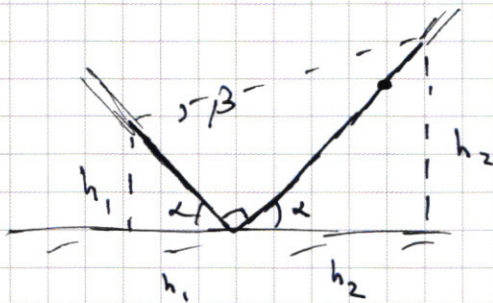
$$= \frac{F}{m} - \frac{3}{2} \mu g = a$$

$$s = a \frac{t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2s}{\frac{F}{m} - \frac{3}{2} \mu g}}$$

Ответ: $3mg$; $\frac{3}{2} \mu mg$; $\sqrt{\frac{2s}{\frac{F}{m} - \frac{3}{2} \mu g}}$

Задача №4.

При движении с ускорением поверхность жидкости будет иметь угол $\beta = \arctan \frac{a}{g}$ к горизонтали



$$h_2 - h_1 = (h_1 + h_2) \tan \beta$$

$$h_2 \left(1 - \frac{a}{g}\right) = h_1 \left(1 + \frac{a}{g}\right)$$

$$h_2 = h_1 \frac{1 + \frac{a}{g}}{1 - \frac{a}{g}} = h_1 \frac{g+a}{g-a} = \underline{\underline{23,3 \text{ см}}}$$

По 3-му сохранению энергии

$$\Delta E_k + \Delta E_n = 0$$

$$\frac{V^2}{2} = g \left(\frac{h_2 + h_1}{2} - 2 \frac{h_2 - h_1}{2} \right)$$

$$V^2 = g(3h_1 - h_2)$$

$$V = \sqrt{g(3h_1 - h_2)} \approx \underline{\underline{8 \text{ м/с}}}$$

Ответ: 23,3 см; 8 м/с.

Задача №5.

$$\mu P = \rho_n R T$$

$$\rho_n = \frac{\mu P}{R T} \Rightarrow \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{\mu P}{\rho R T} \approx \underline{\underline{2,6 \cdot 10^{-5}}}$$

~~Плотность пара~~

~~Плотность пара при конденсации не меняется $\Rightarrow$~~

$$P V_0 = \rho_0 R T$$

$$\rho \frac{V_0}{\delta} = \frac{\rho_0}{\delta} R T \Rightarrow \text{сконденсировалось } \rho_0 \left(1 - \frac{1}{\delta}\right) \text{ пара}$$

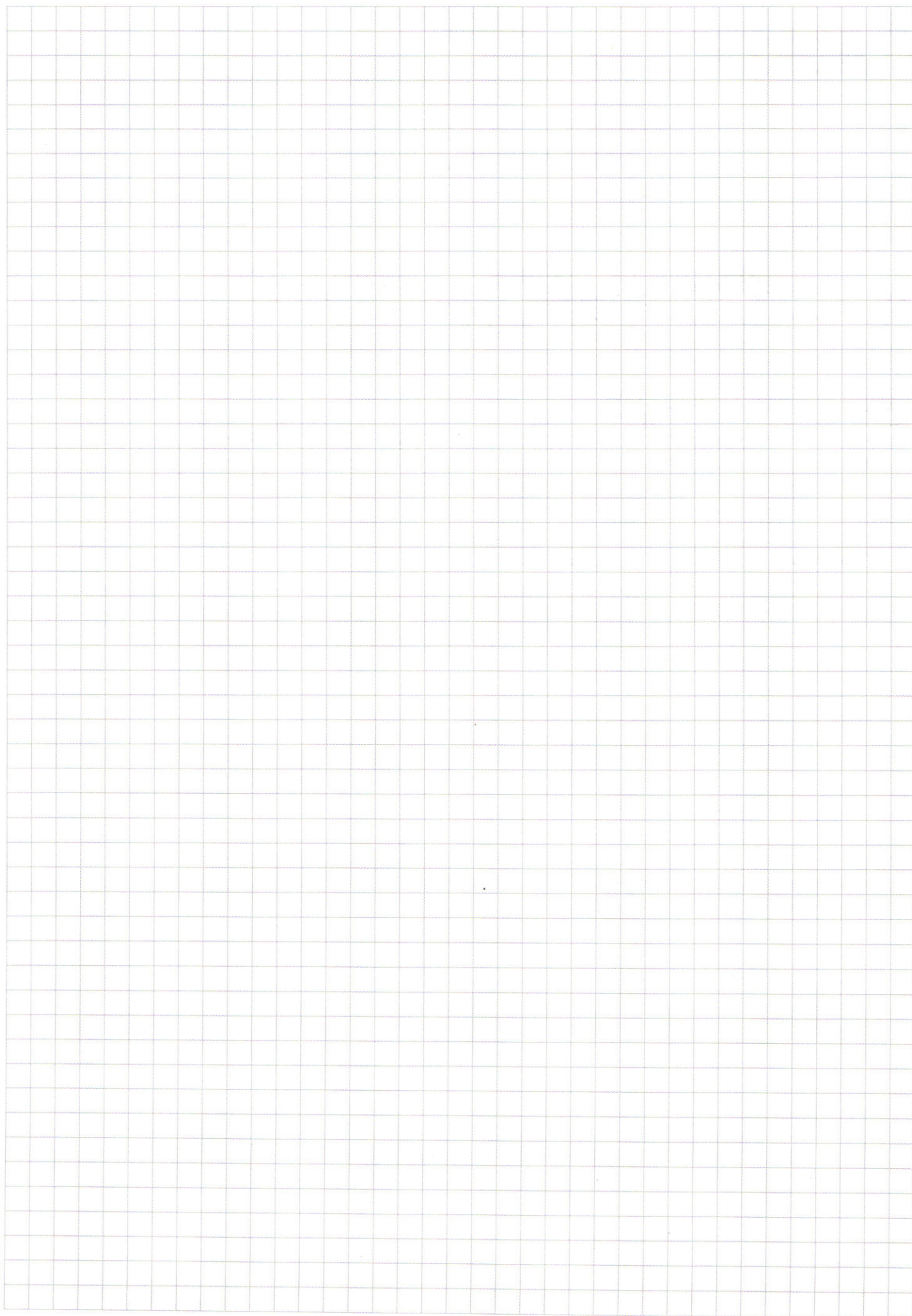
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_n = \frac{V_0}{\delta}$$

$$V_e = \frac{\mu P V_0 (1 - \frac{1}{\delta})}{PRT} = \frac{\mu P V_0 (1 - \frac{1}{\delta})}{PRT}$$

$$\frac{V_n}{V_e} = \frac{\mu P (1 - \frac{1}{\delta})}{PRT \delta} = \frac{\mu P}{PRT} \cdot \frac{\delta - 1}{\delta^2} \approx 3,9 \cdot 10^{-6}$$

Ответ: $2,6 \cdot 10^{-5}$; $3,9 \cdot 10^{-6}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



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)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 35 \\ \times 35 \\ \hline 175 \\ + 050 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,75 \\ 0,75 \\ \hline 375 \\ + 5250 \\ \hline 05625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,8 \\ 0,8 \\ \hline 0,64 \end{array}$$

$$\frac{6 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,55 \cdot 10^5}{10^3 \cdot 8,3 \cdot 10^2} = 2,6 \cdot 10^{-5}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,55 \\ 6 \\ \hline 2130 \end{array}$$

$$21,3$$

$$26 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 10^{-2}$$

$$3,9 \cdot 10^{-6}$$

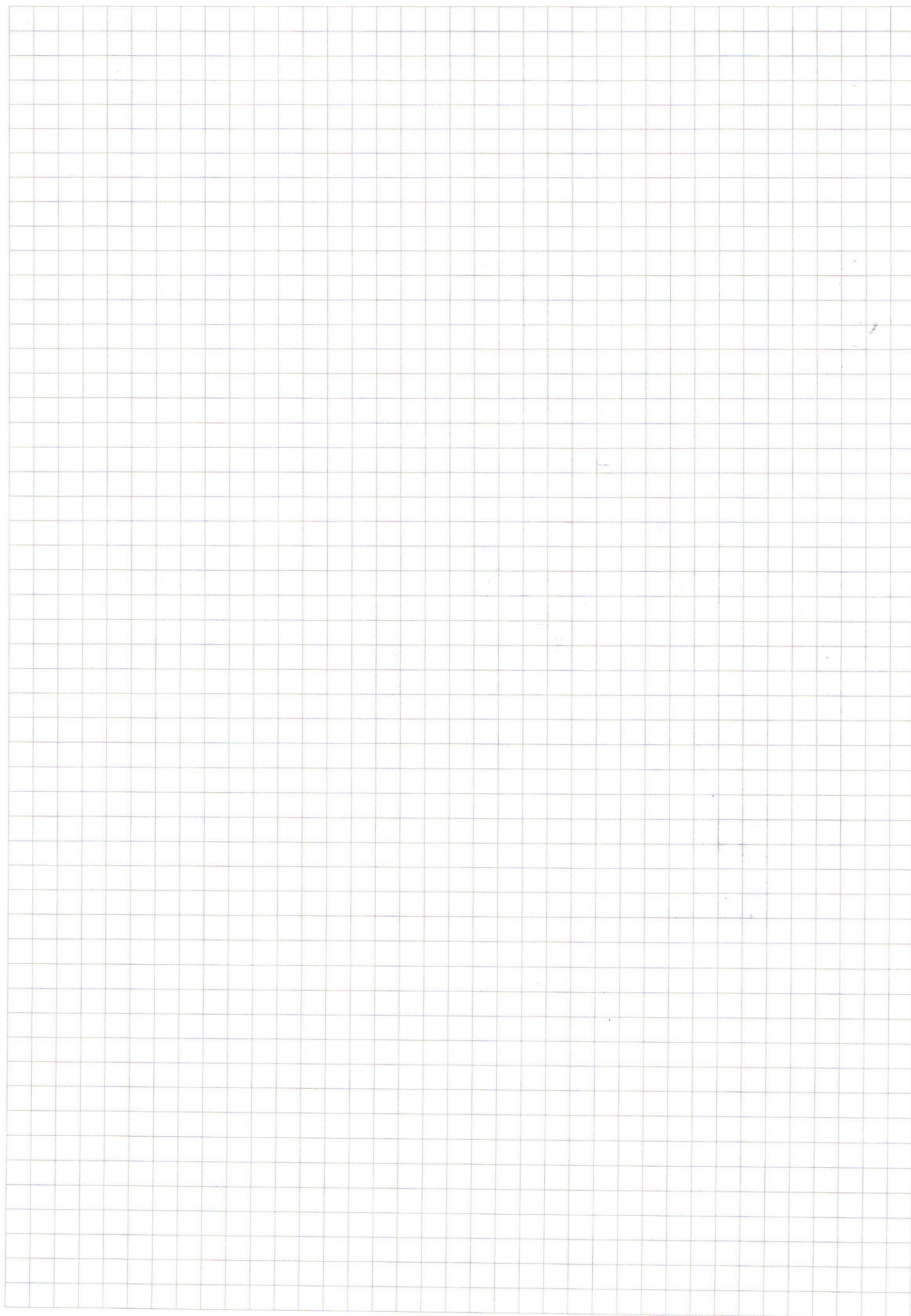
$$\begin{array}{r} \times 5,6 \\ 5,6 \\ \hline 336 \\ + 2800 \\ \hline 3136 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 213 \overline{) 83} \\ - 166 \\ \hline 470 \\ - 415 \\ \hline 550 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 26 \\ 15 \\ \hline 130 \\ + 260 \\ \hline 390 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2,6 \\ 15 \\ \hline 15 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 460 \overline{) 3136} \\ \underline{4600} \\ 3136 \\ \underline{1480} \\ 12544 \\ \underline{12544} \\ 0 \end{array}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)