

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

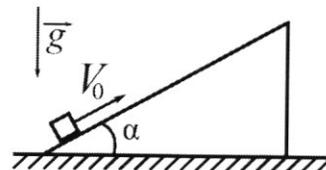
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разбивается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ м. На землю осколки падают в течение $\tau = 10$ с.

1) Найдите начальную скорость V_0 фейерверка.

2) Найдите суммарную кинетическую энергию K осколков сразу после взрыва.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают начальную скорость $V_0 = 2$ м/с (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1) На какую максимальную высоту H над точкой старта поднимется шайба на клине?

2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1,2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3,7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0,4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) С какой по величине силой P модель действует на сферу?

2) Рассмотрим модель автомобиля равномерно движущуюся по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = \frac{\pi}{6}$. Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} такого

равномерного движения. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,9$.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

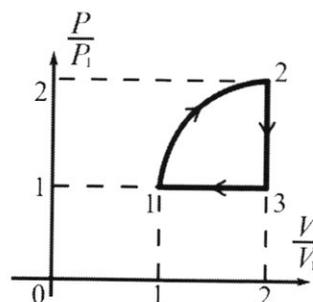
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

1) Какое количество Q теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу A газа за цикл.

3) Найдите КПД η цикла.

Универсальная газовая постоянная R .



5. Заряд $Q > 0$ однородно распределен по сфере радиуса R . В первом опыте на расстоянии $2R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом $q > 0$.

1) Найдите силу F_1 , действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд q однородно распределяют по стержню длины R , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии $2R$ от центра.

2) Найдите силу F_2 , с которой заряд сферы действует на заряженный стержень.

Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Явлениями поляризации пренебрегите.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

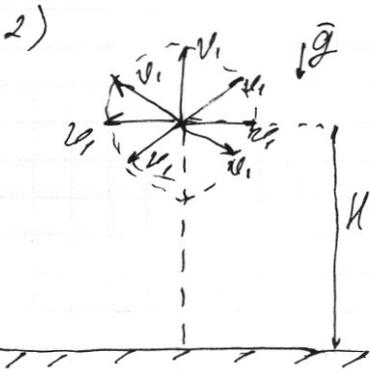
№1

$m = 2 \text{ кг}$
 $H = 65 \text{ м}$
 $\tau = 10 \text{ с}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

v_0
 K

1) Из Закона сохранения энергии \Rightarrow
 $\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = m g H$, т.к. скорость в высшей точке траектории равна 0.

$$v_0 = \sqrt{2 g H} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} = 10\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



Рассмотрим время падения при взрыве осколка (t_n):

$t_n = t_1 + t_2$, t_1 - время подъёма осколка после взрыва до высшей точки, а t_2 - время от t_1 до падения.

Обязательно, что у осколка $v_{y0} \leq 0$

$$\left. \begin{aligned} t_1 &= \frac{v_{y0}}{g}, \quad (0 = v_{y0} + g t_1) \\ t_2 &= \frac{v_2}{g}, \quad (0 = g t_2 - v_2) \end{aligned} \right\} \Rightarrow t_n = \frac{-v_{y0}}{g} + \frac{v_2}{g}, \quad v_2 - \text{скорость при падении на землю.}$$

Из З.С.Э $\Rightarrow \frac{\Delta m v_1^2}{2} + \Delta m g H = \frac{\Delta m v_2^2}{2}$, Δm - масса осколка

$\frac{v_1^2}{2} + g H = \frac{v_2^2}{2}$, т.к. Δm одинакова для всех осколка, то и $v_2 = \text{const}$ для каждого из них \Rightarrow

$$\Rightarrow t_n = \frac{-v_{y0}}{g} + \frac{v_2}{g}, \quad t_n \text{ зависит только от } v_{y0} \text{ (проекция на ось } y \text{)}$$

чем $\rightarrow (-v_{y0})$, тем больше t_n , а $t_n = \text{max} = \tau_n = 10 \text{ с}$.

$-v_{y0} = \text{max}$ у осколка, чья скорость направлена вертикально вверх, \Rightarrow он упадет через $\tau_n = 10 \text{ с}$.

$$3) H = -\nu y \cdot \tau_n + \frac{g \tau_n^2}{2}, \quad |\nu y| = \nu_1$$

$$\nu_1 = \frac{\frac{g \tau_n^2}{2} - H}{\tau_n} = \frac{g \tau_n}{2} - \frac{H}{\tau_n} = \frac{10 \cdot 10}{2} - 6,5 = 43,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

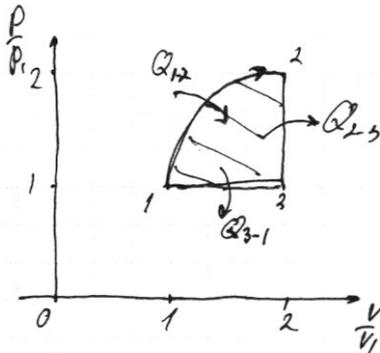
$$\Rightarrow K = \frac{\nu_1^2}{2} \cdot \varepsilon \sigma m = \frac{\nu_1^2}{2} \cdot m = \frac{43,5^2}{2} \cdot 2 = 43,5^2 = 1892,25 \text{ Дж}$$

~~43~~

$$\begin{array}{r} 43,5 \\ \times 43,5 \\ \hline 2175 \\ 1305 \\ \hline 1710 \\ \hline 1892,25 \end{array}$$

Ответ: $\nu_0 = 10\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $K = 1892,25 \text{ Дж}$.

№4
$\nu = 1 \text{ моль}$
$i = 3$
T_1
Q_{1-2}
A_{1-2}
η



1) Из графика: $2P_1 = P_2 = 2P_3$

$$V_2 = V_3 = 2V_1$$

$$S_{1-2} = A_{1-2} = \frac{\pi r^2}{4}$$

$$r = \frac{V_2 - V_3}{P_1 - P_2}$$

$$r = V_2 - V_1, \quad h = P_2 - P_1$$

$$A_{1-2} = \frac{\pi}{4} (P_2 - P_1) (V_2 - V_1) = \frac{\pi}{4} P_1 V_1$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow A_{1-2} = \frac{\pi}{4} \nu R T_1$$

$$2) \begin{cases} P_2 V_2 = \nu R T_2 \\ P_1 V_1 = \nu R T_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 4 \Rightarrow T_2 = 4T_1 \Rightarrow \Delta U_{2-1} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 = \frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$3) Q_{1-2} = Q_{расшир} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2}$$

$$A_{1-2} = A_{12} + A_{13} = \frac{\pi}{4} P_1 V_1 + P_1 \cdot (V_3 - V_1) = \frac{\pi}{4} P_1 V_1 + P_1 V_1 = \left(\frac{\pi}{4} + 1\right) P_1 V_1$$

$$Q_{расшир} = \left(\frac{\pi}{4} + 1\right) P_1 V_1 + \frac{9}{2} \nu R T_1 = \nu R T_1 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{11}{2}\right)$$

4) Из графика: 2-3 - изохорный процесс $\Rightarrow \Delta P < 0 = \Delta T < 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \Rightarrow Q_{2-3} < 0$

3-1 - изобарный процесс $\Rightarrow T. K. \Delta V < 0 \Rightarrow \Delta T < 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \Rightarrow Q_{3-1} < 0$

$$Q_{сжат} = Q_{1-2} \Rightarrow \eta = \frac{A_{1-2}}{Q_{сжат}} = \frac{\frac{\pi}{4} \nu R T_1}{\left(\frac{\pi}{4} + \frac{11}{2}\right) \nu R T_1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \frac{\pi}{\pi + 22} \approx \frac{3,14}{3,14 + 22} \approx \frac{3,14}{25,14} \approx$$

$$\approx \frac{12,49}{100} \approx 12,5 \approx 0,125 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta \approx 12,5\%$$

Ответ: $U_{расч.} \approx 6,285 \text{ ВРТ}$,

$$I_{ср.} \approx 0,785 \text{ ВРТ}$$

$$\eta \approx 12,5\%$$

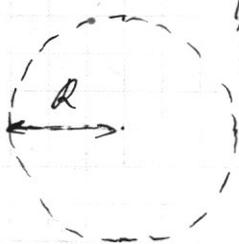
$$\begin{array}{r} 31400 \overline{) 2514} \\ \underline{2514} \\ 6260 \\ \underline{5028} \\ 12320 \\ \underline{10056} \\ 22640 \\ \underline{22626} \\ 14 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 314 \overline{) 2514} \\ \underline{28} \\ 34 \\ \underline{32} \\ 2 \end{array}$$

$$0,785 + 5,5 = 6,285.$$

№5

Q
R
q
F_1
F_2



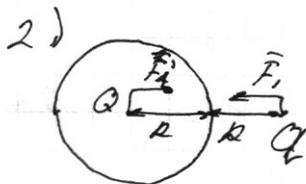
ее центре.

Из т. Гаусса $\Rightarrow \left. \begin{array}{l} N = 4\pi R^2 E \\ S \cdot E = N, \quad S = 4\pi R^2 \end{array} \right\} \Rightarrow$

$$\Rightarrow E \cdot 4\pi R^2 = 4\pi R^2 E = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

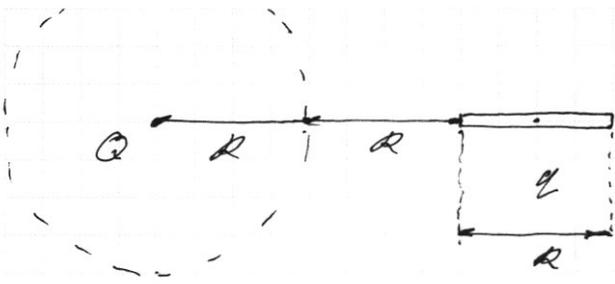
$$E = \frac{kQ}{R^2} \Rightarrow \text{можно считать}$$

сферу, как точечный заряд $[Q]$ в



$$F_1 = F_2 = k \frac{Qq}{(2R)^2} = k \frac{Qq}{4R^2}$$

3) Точечный заряд сферы за точечный и равн.

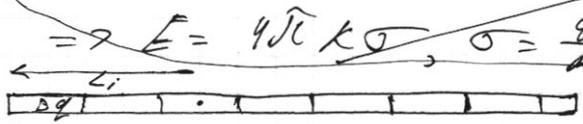


$$\begin{cases} N = 4\sqrt{5} k q \\ N = E \cdot S = E \cdot 2\sqrt{5} R^2 \end{cases}$$

$$E = \frac{2kQ}{r^2 R}, \quad r - \text{радиус цилиндра}$$

$$\Delta q = \sigma \cdot \Delta l, \quad \Delta l \ll R$$

~~Т.к. считаем бесконечно тонкий, то $N = E \cdot \frac{q}{2}$
 $N = 4\sqrt{5} k q$~~

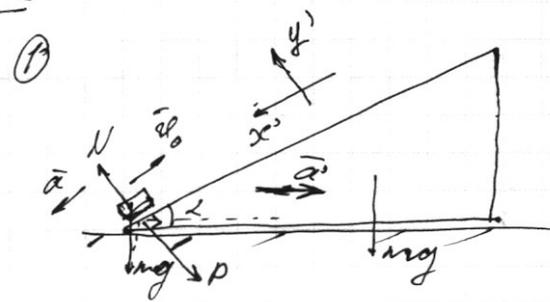


$$F_2 = \sum F_k = \sum \frac{k Q \Delta q}{(2R + Li)^2} = k Q q \frac{1}{(2R + Li)^2}$$

Ответ: $F_1 = \frac{k a q}{4R^2}$

~~$\sqrt{2}$~~
 $L = 30^\circ$
 $v_0 = 2 \frac{m}{c}$
 $m = k$
 $g = 10 \frac{m}{c^2}$

u
v



II 3-х Ньютона, майба:

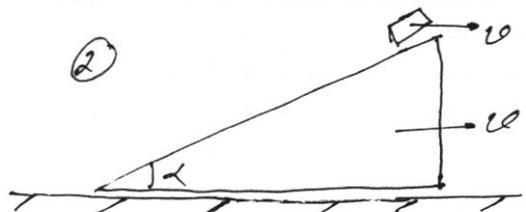
$$x': ma = mg \cdot \cos(90-\alpha)$$

$$a = g \cdot \sin \alpha$$

$$y: N - mg \cdot \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

Вспомогательная майба от крана



II 3-х Ньютона для крана:

$$x: ma' = P \cdot \sin \alpha$$

$$P = N \text{ (по III 3-х Ньютона)}$$

$$ma' = N \cdot \sin \alpha$$

$$ma' = mg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

$$a' = g \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

В.С.О. "Крана" $v_{u.} = 0 \Rightarrow 0 = v_0 - a \cdot t_1 \Rightarrow$
 $\Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{g \sin \alpha} = \frac{2}{5} c$
 $L = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2} = \frac{4}{5} - 5 \cdot \frac{4}{25 \cdot 2} = \frac{2}{5} m \Rightarrow$
 $\Rightarrow H = L \cdot \sin \alpha = \frac{2}{5} m \cdot \frac{1}{2} = \frac{2}{10} m = 0,2 m$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

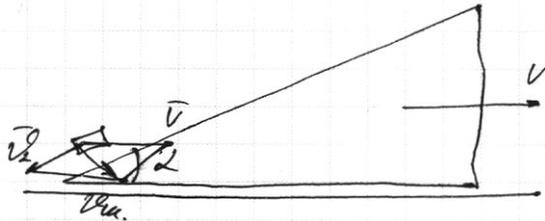
2) Закон сохранения энергии для 1-ого и 2-ого шаров:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} + m g h$$

$$\frac{v_0^2}{2} = v^2 + g h$$

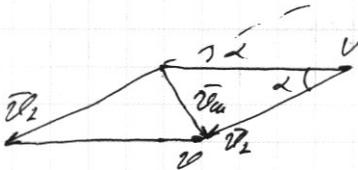
$$v^2 = \frac{v_0^2}{2} + g h = \frac{4}{2} + 10 \cdot 0,2 = 0 \Rightarrow \text{шар с шариком} \\ \text{остановился.}$$

3)



$$\frac{m v_u^2}{2} + \frac{m v^2}{2} = m g h$$

$$v_u^2 + v^2 = 2 g h \quad (1)$$



$$v_u^2 = v^2 + v_2^2 - 2 v \cdot v_2 \cdot \cos 2\alpha \quad (\text{по т. косинусов})$$

$$h = \frac{g t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2}{50}} = \frac{1}{5} \text{ с} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 = a \cdot t_2 = g \cdot \sin \alpha \cdot t_2 = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{5} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (3)$$

$$v_u \text{ из (1), (2), (3)} \Rightarrow 2 g h = v^2 + v^2 + v_2^2 - 2 v \cdot v_2 \cdot \cos \alpha$$

$$\text{или } \frac{2 \cdot 10}{5} = 2 v^2 + 1 - 2 v \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$2 v^2 - \sqrt{3} v - 3 = 0$$

$$D = 3 + 24 = 27$$

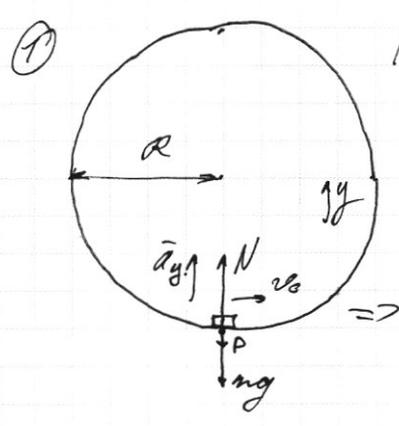
$$v = \frac{\sqrt{3} \pm \sqrt{27}}{4}, \quad v > 0 \Rightarrow v = \frac{\sqrt{3} + \sqrt{27}}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v \approx \frac{1,7 + 5,2}{4} = \frac{6,9}{4} \approx 1,725 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $h = \frac{1}{5} \text{ м}$; $v \approx 1,725 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

$\sqrt{3}$
 $R = 1,2 \text{ м}$
 $v_0 = 3,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $L = \frac{\sqrt{3}}{6}$
 $m = 0,4 \text{ кг}$
 $\mu = \frac{9}{10}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

 $P = ?$
 $v_{\text{min}} = ?$



$|P| = |N|$
 (по III 3. закону)

$a_y = \frac{v_0^2}{R}$
 II 3. Ньютона:

$y: ma_y = N - mg$

$N_1 = m(a_y + g) =$

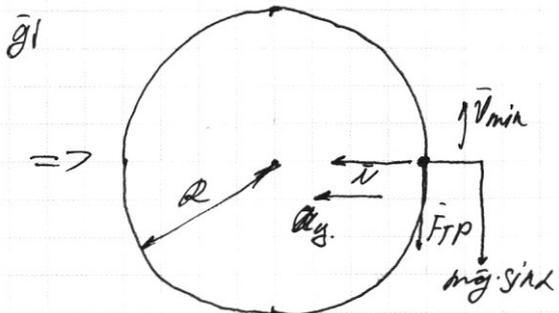
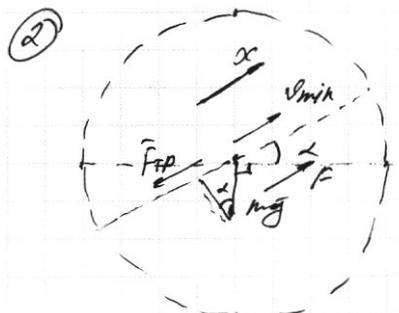
$= m(\frac{v_0^2}{R} + g) =$

$= 0,4(\frac{3,7^2}{1,2} + 10) =$

$\approx \frac{4}{10}(\frac{10,7}{1,2} + 10) \approx \frac{4}{10}(8,9 + 10) \approx \frac{10,4}{10} \approx 7,6 \text{ Н}$

$N_1 = P \approx 7,6 \text{ Н}$

$$\begin{array}{r} 3,7 \\ \times 3,7 \\ \hline 259 \\ + 81 \\ \hline 10,69 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 10 \overline{) 112} \\ - 96 \\ \hline 16 \\ - 108 \\ \hline 2 \end{array}$$

$$\begin{cases} a_y = \frac{v_{\text{min}}^2}{R} \\ m a_y = N \\ F = \mu N + mg \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

$$v_0 \text{ too small: } F = \mu N_1 = \frac{9}{10} \cdot 7,6 = \frac{10,4 \cdot 9}{100}$$

$F = \mu m a_y + mg \cdot \sin \alpha$

$F = m(\mu a_y + g \cdot \sin \alpha)$

$m \frac{v_{\text{min}}^2}{R} = \frac{F - mg \cdot \sin \alpha}{\mu} \Rightarrow v_{\text{min}}^2 = \frac{R(F - mg \cdot \sin \alpha)}{\mu m} =$

$= \frac{12}{10} \frac{\frac{10,4 \cdot 9}{100} - \frac{4 \cdot 10 \cdot 1}{10 \cdot 2}}{\frac{9}{10} \cdot \frac{4}{10}} = \frac{12}{10} \cdot \frac{9 \cdot 4 \cdot 19 - 200}{9 \cdot 4} = \frac{12}{10} \cdot \frac{9 \cdot 19 - 50}{9} =$

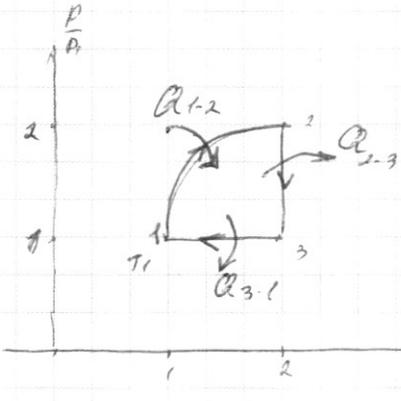
$= \frac{12}{10} \cdot \frac{122}{9} = \frac{4 \cdot 3 \cdot 4 \cdot (30 + \frac{1}{2})}{10 \cdot 3^2} = \frac{4^2 \cdot 61}{2 \cdot 10} = \frac{4^2 \cdot 61}{4 \cdot 5} = 4 \cdot \frac{61}{5} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow v_{\text{min}} = 2 \sqrt{\frac{61}{5}} \approx 2 \sqrt{12,2} \approx 3,8 \cdot 2 \approx 7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Ответ: $P = 7,6 \text{ Н}$; $v_{\text{min}} \approx 7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1
V = 1 моль
R
i = 3



1) Из графика:

$$2P_1 = P_2$$

$$V_2 = V_3 = 2V_1$$

$$S_{кр} = \pi r^2$$

$$S_{кр} = \frac{\pi r^2}{4}$$

$$r = \frac{V_2 - V_1}{P_2 - P_1}$$

$$\Rightarrow S_{кр} = \frac{\pi}{4} \cdot (P_2 - P_1) \cdot (V_2 - V_1) = \frac{\pi}{4} P_1 V_1$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$\Rightarrow S_{кр} = \frac{\pi}{4} \nu R T_1 = \frac{\pi}{4} \nu R T_1$$

$$2) \begin{cases} P_2 V_2 = \nu R T_2 \\ P_1 V_1 = \nu R T_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 4 \Rightarrow T_2 = 4T_1 \Rightarrow \Delta U_{1,2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R 3T_1 = \frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$= \left(\frac{9}{2} + \frac{\pi}{4}\right) \nu R T_1$$

$$Q_{1,2} = \nu R T_1 + \Delta U_{1,2} =$$

$$\frac{2 \cdot \pi + 9 \cdot 2}{4} \nu R T_1 = \frac{2\pi + 18}{4} \nu R T_1$$

$$3) Q_{2,3} = \Delta U_{2,3} = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\begin{cases} P_3 V_3 = \nu R T_3 \\ P_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3} = 2 \Rightarrow T_2 = 2T_3$$

$$\text{и } T_1 = 2T_3 \Rightarrow T_3 = 2T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta U_{1,3} = Q_{2,3} = \frac{3}{2} \nu R \cdot (1 - 2T_1) \Rightarrow$$

\Rightarrow газ отдавал энергию

4) Из графика \Rightarrow процесс (3-1) - изобарный с уменьш. объема \Rightarrow происходит уменьш. темпер \Rightarrow $Q_{3,1} < 0$

$$\eta_{ч} = \frac{A_{1,2}}{Q_{1,2}} = \frac{\frac{\pi}{4} \nu R T_1}{\left(\frac{9}{2} + \frac{\pi}{4}\right) \nu R T_1} = \frac{\pi}{18 + \pi} = \frac{3,14}{21,14} \approx 14,85\%$$

$$\Rightarrow \eta_{ч} \approx 14,85\%$$

$$\begin{array}{r}
 31400 \overline{) 2114} \\
 \underline{-2114} \\
 10280 \\
 \underline{-8456} \\
 18040 \\
 \underline{-16912} \\
 11280 \\
 \underline{-10540} \\
 740
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 435 \\
 \times 435 \\
 \hline
 2175 \\
 1305 \\
 1740 \\
 \hline
 1892,25
 \end{array}$$

$\sqrt{5}$
 $Q_{\text{вн}}$
 R
 q
 R

 F_1
 F_2

$$N = 4\pi k Q^2$$

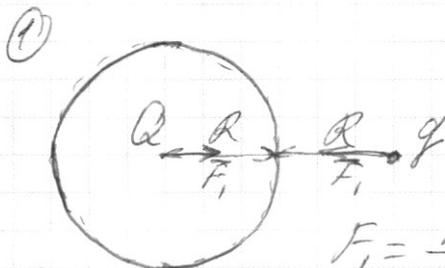
$$N = E \cdot S$$

$$S = 4\pi R^2$$

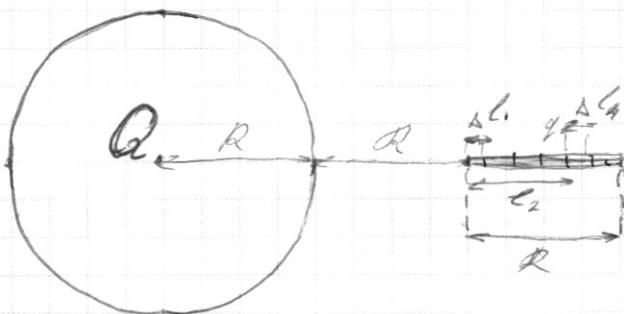
$$4\pi k Q^2 = E \cdot 4\pi R^2$$

$$E = \frac{k Q^2}{R^2}$$

Т. Гаусса.



$$F_1 = \frac{k Q q}{(2R)^2} = k \frac{Q q}{4R^2}$$



$$\sigma = \frac{q}{l} = \frac{q}{2R} \quad \lambda = \frac{q}{l}$$

$$\Delta q = \sigma \cdot \Delta l = \frac{q}{2R} \Delta l$$

$$N = 4\pi k q$$

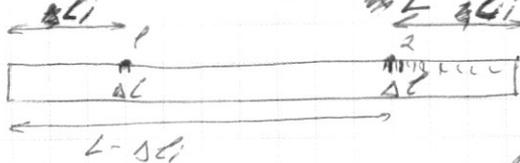
$$N = E \cdot \frac{q}{2R}$$

$$E = \frac{4\pi k Q q}{2}$$

$$\Delta F_2 = \frac{k \Delta q Q}{(2R + l_2)^2}$$

$$\Delta F_1 = \frac{k \Delta q Q}{2R^2}$$

$$F_2 = E \Delta F = k Q \int \frac{\Delta q}{(2R + l_2)^2}$$



Рассмотрим стержень круглым:

разобьем его на малые отрезки dl .

Рассмотрим т.1 и т.2, они наход. на одинак. расстояниях от ближ. концов стержня: $l_1 \Rightarrow$

$$F_1 = \frac{k \Delta q Q}{(R + l_1)^2}, \quad F_2 = \frac{k \Delta q Q}{(R + R - l_1)^2} = \frac{k \Delta q Q}{(2R - l_1)^2}$$

$$F_1 + F_2 = \frac{1}{R} k Q \int \frac{\Delta q}{2R}$$

$$\begin{array}{r}
 \frac{k Q Q}{2R} + \frac{k Q Q}{3R} + \frac{k Q Q}{2,5R} \\
 \frac{6}{6} = \frac{k}{2,5}
 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$N = 4\pi k q$$

$$E \cdot N = E \cdot S_{\text{пов.}}$$

$$S = R \cdot 2\pi r$$

$$F = \sum_{x=0}^{4R} \frac{k \Delta q Q}{(2R+x)^2} = k q Q \int_0^{4R} \frac{r}{(2R+x)^2} dx$$

x - расстояние \Rightarrow

$$\frac{r}{4R^2 + 2R \cdot x}$$

$$\left. \begin{aligned} 4R^2 &\Rightarrow 2R \cdot x \\ 4R &\Rightarrow 2x \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{2RL}{(4R^2 + 2Rx) \cdot (4R^2 + 2Rx)}$$

$$\frac{1}{4R^2 + 2RL + 2Rx}$$

$$2\pi k Q$$

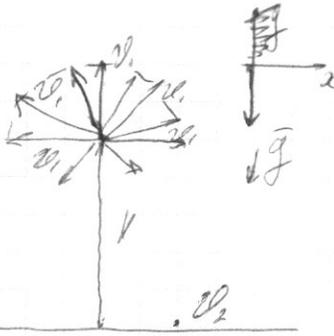
$$4\pi R^2$$

- $n = 1 \text{ мкн}$
- $k = 63 \text{ нк}$
- $T = 100$
- $g = 10$
- v_0
- K

Уз Закона С. Э. \Rightarrow

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgK$$

$$v_0 = \sqrt{2gK} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \text{ м/с}$$



$$v_{\text{н.к.}} K = v_y \cdot t_n + g \frac{t_n^2}{2}$$

t_n - время до падения последней осколка

t_n - время падения

$$t_n = t_1 + t_2$$

$$v_{\text{н.к.}} K = v_y \cdot t_1$$

$$t_1 = \frac{v_y}{g}$$

$$v_{\text{н.к.}} v_2 = 0 + g t_2$$

$$t_2 = \frac{v_2}{g}$$

$$\Rightarrow t_n = \frac{v_y}{g} + \frac{v_2}{g}, \text{ т.к. Уз З.С.Э.: } \frac{v_1^2 \Delta x}{2} + mgk = \frac{v_2^2 \Delta x}{2}$$

$v_1^2 = \text{const}$ и она

равна у всех осколков (т.к. они равн. массед,

то трая зависит от v_y , а $v_2 = \text{max}$ ос-

качка, скорость которой направл. вверх. вверх $\Rightarrow \textcircled{1}$

$\Rightarrow T_n = 10\text{c}$ - время его падения.

$$\frac{v_1^2}{2} + 2gk = \frac{v_2^2}{2}$$

$$\begin{cases} v_1^2 + 2gk = v_2^2 \\ v_2 = -v_1 + gT_n \end{cases}$$

$$k = -v_1 T_n + g \frac{T_n^2}{2}$$

$$v_1 = \frac{gT_n^2 - k}{T_n}$$

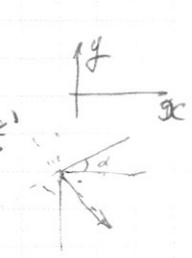
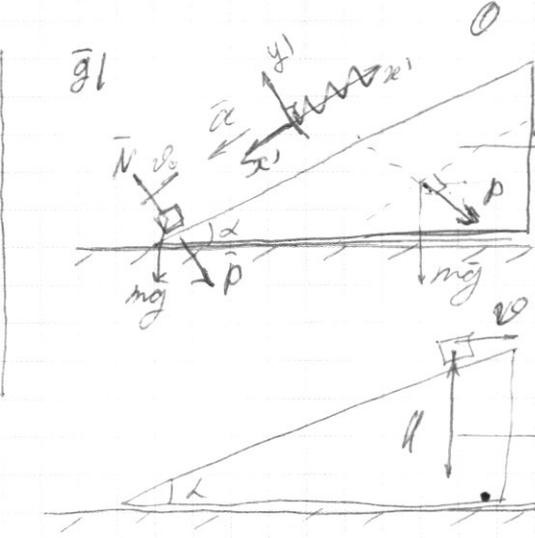
$$v_1 = \frac{gT_n}{2} - \frac{k}{T_n} = \frac{10 \cdot 10}{2} - 0,5 = 50$$

$$0,5 = 43,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} = ?$$

$$\Rightarrow k = \frac{v_1^2 T_n m}{2} = \frac{v_1^2 m}{2} = \frac{43,5^2 \cdot 2\text{м}}{2} = 43,5^2 \text{ Дж} = 1892,25 \text{ Дж}$$

N
 $\alpha = 30^\circ$
 $v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $m = k$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

k
 v



3.8. Ускорение:

$$\Sigma F_x: +ma = +mg \cos(90-\alpha)$$

$$\alpha = g \cdot \sin \alpha$$

3.9. $N - mg \cos \alpha = 0$
 $N = mg \cdot \cos \alpha$

Ускорение отск. блока на макс. высоте.

3.9. Кин.:
 $ma' = P \cdot \cos(90-\alpha), P = N$
 $ma' = N \cdot \sin \alpha$
 $ma' = mg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$
 $a' = g \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$

$$\frac{v_0^2}{2} = 2gk + \frac{v_0^2}{2} + \frac{v^2}{2}$$

$$v_0^2 = 2gk + \frac{v_0^2}{2} \Rightarrow gk + v^2$$

$\alpha = g \cdot \sin \alpha$ - ускор. в п.о. "Кин." $\Rightarrow 0 = v_0 - at_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{\alpha} = \frac{v_0}{g \sin \alpha} = \frac{2}{5} \text{с} \Rightarrow$

~~$s = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a t_1^2 = \frac{2 \cdot 2}{5} - \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \left(\frac{2}{5}\right)^2 = \frac{4}{5} - \frac{2}{5} = \frac{2}{5} \text{м} \Rightarrow k = L \cdot \sin \alpha = \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{5} \text{м} = 0,2 \text{м}$~~

$$\frac{v_0^2}{2} = gk + v^2 \Rightarrow k = \frac{v_0^2 - v^2}{2} = 2 - 0 = 2$$

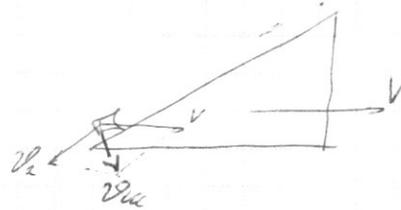
$$L = v_0 t_1 - a \frac{t_1^2}{2} = \frac{4}{5} - 5 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{5} = \frac{4}{5} - \frac{2}{5} = \frac{2}{5} \text{м} \Rightarrow k = L \cdot \sin \alpha = \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{5} \text{м} = 0,2 \text{м}$$

$$\Rightarrow \frac{v_0^2}{2} = gk + v^2 \Rightarrow 2 = 2 + v^2 \Rightarrow v^2 = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$mgK = \frac{mv_{u1}^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

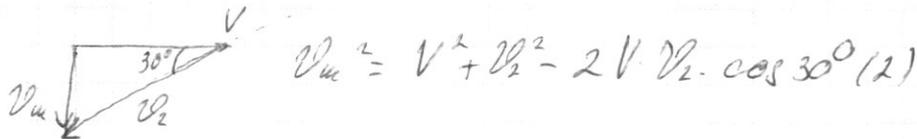
$$2gK = v_{u1}^2 + v^2 \quad (1)$$



$$\frac{v_0^2}{2} = 2$$

$$-K = -g \frac{t_2^2}{2}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2K}{g}} = \sqrt{\frac{2}{50}} = \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{1}{5} \text{ c} \Rightarrow v_2 = a \cdot t_2 = g \cdot \sin \alpha \cdot t_2 = \frac{g}{2} \cdot 10 \cdot \frac{1}{5} = 1 \frac{m}{c}$$



$$(1), (2) \Rightarrow 2gK = v^2 + v_2^2 - 2v \cdot v_2 \cdot \cos 30^\circ + v^2$$

$$\frac{2 \cdot 10}{5} = 2v^2 + 1^2 - 2v \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$4 = 2v^2 - \sqrt{3}v + 1$$

$$\text{или } 2v^2 - \sqrt{3}v - 3 = 0$$

$$\frac{1,7 + 5,2}{4} = 1,725$$

$\begin{array}{r} 3,1 \\ \times 5,1 \\ \hline 31 \\ 155 \\ \hline 2001 \end{array}$	$\begin{array}{r} 5,2 \\ \times 5,2 \\ \hline 104 \\ 260 \\ \hline 27,04 \end{array}$
---	---

$$D = 3 + 24 = 27$$

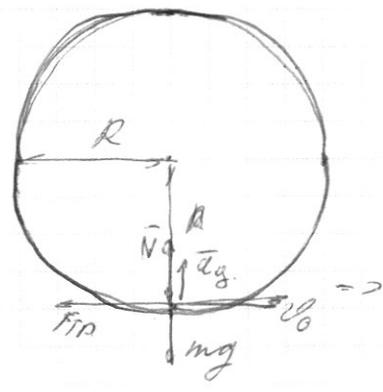
$$v = \frac{\sqrt{3} \pm \sqrt{27}}{4}, \quad v > 0 \Rightarrow v = \frac{\sqrt{3} + \sqrt{27}}{4} \approx \frac{1,7 + 5,2}{4} = \frac{6,9}{4} \approx 1,725 \frac{m}{c}$$

$\begin{array}{r} 69 \overline{)40} \\ -40 \\ \hline 0 \end{array}$	$\begin{array}{r} 69 \overline{)40} \\ -40 \\ \hline 0 \end{array}$
---	---

№3

$R = 12 \text{ м}$
 $v_0 = 37 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\alpha = \frac{\pi}{8}$
 $m = 0,4 \text{ кг}$
 $\mu = \frac{9}{10}, g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

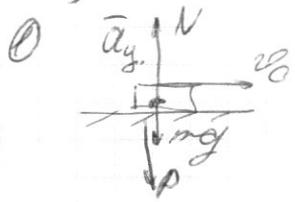
 $P = ?$
 $\text{Найти } V_{\text{min}} = ?$



$$\begin{array}{r}
 \times 3,7 \\
 3,7 \\
 \hline
 259 \\
 + 2590 \\
 \hline
 81 \\
 \hline
 1069
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 10 \overline{) 12} \\
 \underline{10} \\
 20 \\
 \underline{20} \\
 0
 \end{array}$$

$1y \text{ o.g. } m \ddot{a}_y = N - mg$
 $\alpha = \frac{v^2}{R}$

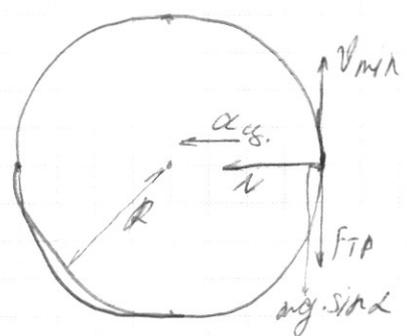
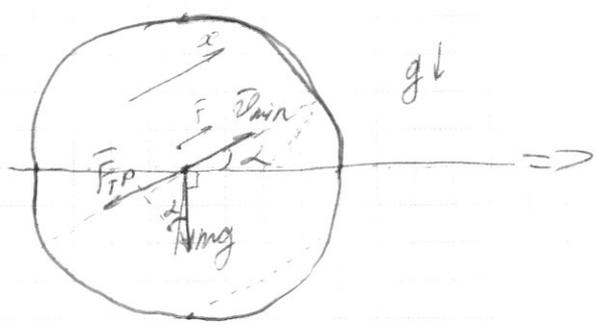


$$\begin{cases}
 \frac{mv^2}{R} = N - mg \\
 |N| = |P| \text{ (по III закону Ньютона)}
 \end{cases}$$

$$P = m \left(\frac{v^2}{R} + g \right) = 0,4 \cdot \left(\frac{37^2}{12} + 10 \right) = \frac{4}{10} \left(\frac{1369}{12} + 10 \right) \approx \frac{4}{10} (114,08 + 10) \approx \frac{4}{10} \cdot 124,08 \approx 49,6 \text{ Н}$$

$$F = \mu N = \frac{9}{10} \cdot 49,6 = 44,64 \text{ Н}$$

2



$E = \dots$
 $N = 4 \text{ Н}$
 $N = E \cdot \frac{g}{4R \times G}$
 $E = 28 \text{ КВ}$
 $E = 28 \text{ КВ}$

$$\begin{cases}
 m a_y = N \\
 \text{ox: } F = \mu N + mg \cdot \sin \alpha
 \end{cases}$$

$$m \frac{v_{\text{min}}^2}{R} = \frac{F - mg \sin \alpha}{\mu}$$

$$v_{\text{min}} = \frac{R \cdot \mu N - mg \cdot \sin \alpha}{m \mu} = ?$$

$$= \frac{12}{10} \cdot \frac{9}{10} \cdot \frac{1369}{10} - \frac{4}{10} \cdot 10 \cdot \frac{9}{2} = \frac{12}{10} \cdot \frac{9 \cdot 1369 - 200}{4 \cdot 9} = \frac{12}{10} \cdot \frac{9 \cdot 19 - 50}{9} = \frac{12 \cdot 12}{10 \cdot 9} = \frac{6 \cdot 12}{45}$$

$$\begin{array}{r}
 122 \overline{) 45} \\
 \underline{36} \\
 90 \\
 \underline{90} \\
 0
 \end{array}$$

$$2,7 \cdot 6 = 16,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_{\text{min}} = 16,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\begin{array}{r}
 3,6 \\
 \times 3,6 \\
 \hline
 216 \\
 + 708 \\
 \hline
 12,96
 \end{array}$$

$3,5$
 $9 + 1,5 + 6,5 =$
 $= 10,5 + 6,5 =$
 $= 17,25$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

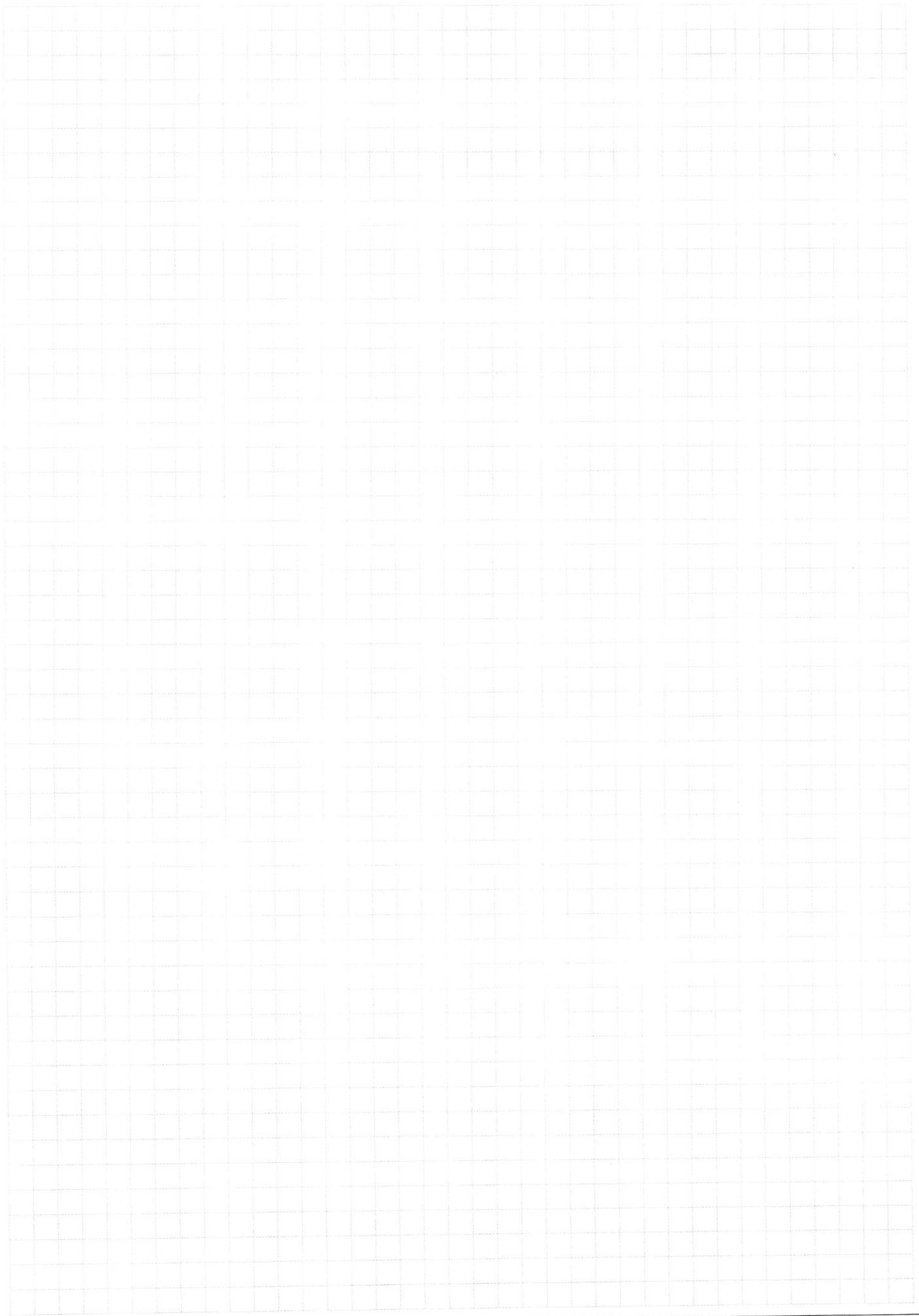
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)