

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

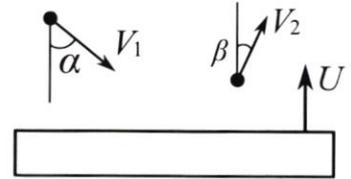
Класс 11

Вариант 11-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 18$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{3}{5}$) с вертикалью.

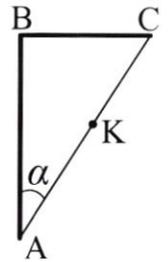


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ К, а криптона $T_2 = 400$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

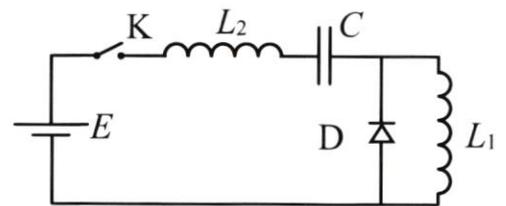
- 1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



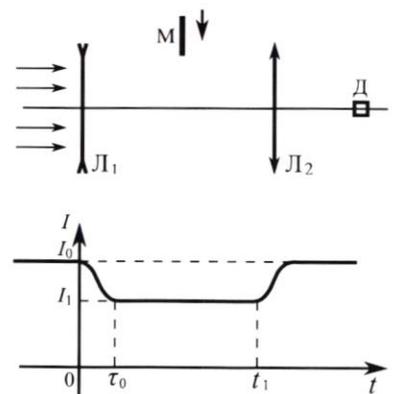
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C , диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2 .



- 1) Найти период T этих колебаний.
- 2) Найти максимальный ток I_{01} , текущий через катушку L_1 .
- 3) Найти максимальный ток I_{02} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями $-2F_0$ и F_0 , соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе D, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень M, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии F_0 от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 7I_0/16$



- 1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.
- 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .

Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

Дано:

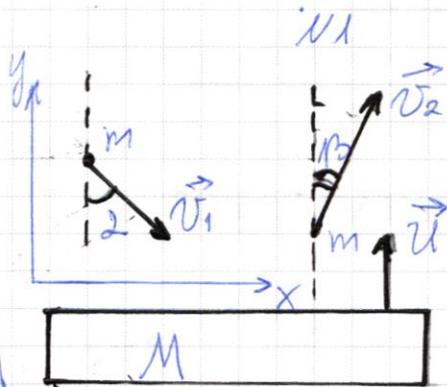
$$v_1 = 18 \frac{m}{c}$$

$$\sin \alpha = \frac{2}{3}$$

$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

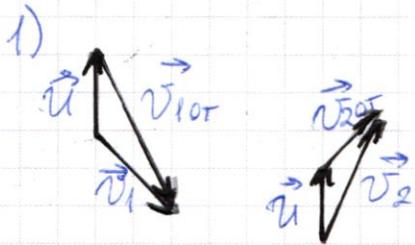
1) $v_2 = ?$

2) $u = ?$



$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$



По закону сохранения скорости:

$$\vec{v}_1 = \vec{u} + \vec{v}_{1ot}$$

$$\vec{v}_2 = \vec{u} + \vec{v}_{2ot}$$

где \vec{v}_{1ot} и \vec{v}_{2ot} — скорости шарика относительно поверхности M и после упругого удара

П.к. ~~вдоль~~ ~~по~~ поверхности шарика шарика,

то $F_{тр} = 0 \Rightarrow$ мы смотрим вдоль оси x не действуем \Rightarrow

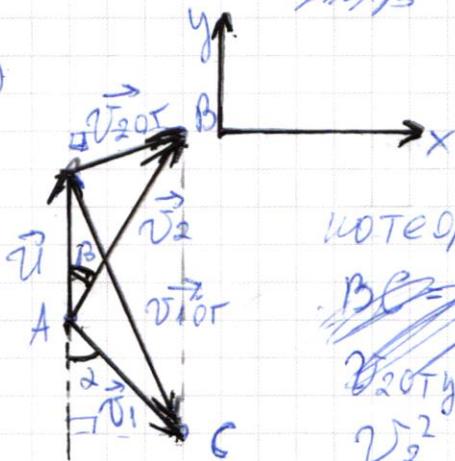
\Rightarrow вдоль оси x шарики сближаются со скоростью:

3CU:

ОХ: $m v_1 \sin \alpha = m v_2 \sin \beta$, где m — масса шарика

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 18 \frac{m}{c} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{4} = 20 \frac{m}{c}$$

2)



$$v_{1x} = v_{2x} \text{ (из (1))}$$

$$v_{1otx} = v_{2otx}$$

по теор. Пиф.: $v_2^2 = v_{1x}^2 + (u + v_{2oty})^2$ (*)

~~$$v_2^2 = v_{1x}^2 + v_{2oty}^2$$~~

~~$$v_{2oty} = v_2 \sin \beta - v_{1oty}$$~~

$$v_2^2 = v_{1x}^2 + u^2 + 2 u v_{2oty} + v_{2oty}^2$$

$$v_{2oty}^2 + 2 u v_{2oty} + (v_{1x}^2 + u^2 - v_2^2) = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{4}{5} \frac{3}{4} \frac{4}{9}$
 $\frac{3}{5} \frac{3}{6}$
 Дано: 36
 $v_1 = 18 \frac{m}{c}$
 $\sin \alpha = \frac{2}{3}$
 $\sin \beta = \frac{3}{5}$

$\frac{4}{5} \frac{3}{6} \frac{3}{2,66}$
 $\frac{3}{5} \frac{3}{6}$
 $\cos 2\alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$
 $\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

1) v_2 - ?
 2) U - ?

1) ~~П.к. на систему «шарик-шарик»~~
~~не решив уравн. вращательные моменты, заменим~~
 3. ~~Ц.м. в проекциях на ось X:~~

$M \leftarrow U \rightarrow M$

$v_1 = U + v_{10T}$
 $v_2 = U + v_{20T}$

$v_1 - v_2 = U + v_{10T} - U - v_{20T}$
 $v_1 - v_2 = v_{10T} - v_{20T}$

$v_2^2 = v_{1x}^2 + (U + v_{20Tx})^2$

$|v_{10Tx}| = U + |v_{1x}|$
 $|v_{20Tx}| = |v_{2x}| - U$

$v_{10T} = v_1 - U$
 $v_{20T} = v_2 - U$
 $v_{10T} + v_{20T} = v_1 + v_2 - 2U$

шар. вдоль оси Z сохр. в Ц.м. шаров:
 $M v_{10Tz} = M v_{20Tz} \Rightarrow v_{10Tz} - v_{20Tz} = 0 \Rightarrow v_{1z} - v_{2z} = v_{10Tz}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$D_1 = \left(\frac{2U}{2}\right)^2 - 4v_{1x}^2 - 4U^2 + 4v_2^2 = 4v_2^2 - 4v_{1x}^2 - 3U^2$$

$$v_{20Ty} = -U \pm \sqrt{4v_2^2 - 4v_{1x}^2 - 3U^2} = -U \pm \sqrt{4v_2^2 - 4v_{1x}^2 - 3U^2}$$

$$D_1 = \left(\frac{2v_1}{2}\right)^2 - v_{1x}^2 - U^2 + v_2^2 = v_2^2 - v_{1x}^2 = \frac{v_1^2 \sin^2 \alpha}{\sin^2 \beta} - v_1^2 \sin^2 \alpha = v_1^2 \cos^2 \alpha$$

$$v_{20Ty} = -U \pm \sqrt{v_2^2 - v_1^2 \sin^2 \alpha}$$
~~$$v_{20Ty} = -U \pm \sqrt{v_2^2 - v_1^2 \sin^2 \alpha}$$~~

Верхняя из вершин:

$$v_{20Ty} = U + v_1 \cos \alpha$$

a) $v_{20Ty} = -U + \sqrt{v_2^2 - v_1^2 \sin^2 \alpha} = U + v_1 \cos \alpha$

$$2U - v_1 \cos \alpha = \sqrt{v_2^2 - v_1^2 \sin^2 \alpha} \quad |^2$$

$$4U^2 - 4Uv_1 \cos \alpha + v_1^2 \cos^2 \alpha = v_2^2 - v_1^2 \sin^2 \alpha$$

$$4U^2 - 4Uv_1 \cos \alpha + v_1^2 - v_2^2 = 0$$

решим квадратно:

$$4U^2 - 4 \cdot 18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{8} U - 76 = 0 \quad | :4$$

$$U^2 - 6\sqrt{5}U - 19 = 0$$

$$D_1 = \left(\frac{6\sqrt{5}}{2}\right)^2 + 19 = 45 + 19 = 64$$

$$\begin{cases} U = 3\sqrt{5} + 8 \\ U = 3\sqrt{5} - 8 \end{cases}$$

$$\frac{8}{3} \approx 2,6$$

если $3\sqrt{5} > 8$, то $2,6^2 < 5$

$$6,46 < 5$$

(!!) =>

$$\Rightarrow 3\sqrt{5} - 8 < 0$$

$$\Downarrow$$

$$U = 3\sqrt{5} + 8 \frac{m}{c}$$

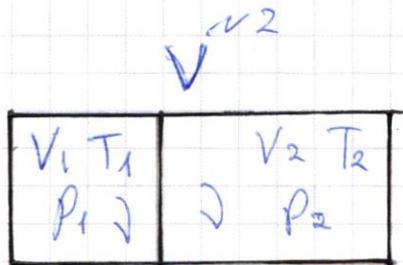
Ответ: $v_2 = 20 \frac{m}{c}$; $U = 3\sqrt{5} + 8 \frac{m}{c}$

Дано:

$\gamma = \frac{3}{5}$ моль

$T_1 = 320\text{K}$

$T_2 = 400\text{K}$



1) Упр-е Мидг.-Клаузиона:

$P_1 V_1 = \gamma R T_1$

$P_2 V_2 = \gamma R T_2$

начинаем
 нормаль ν медленно расширяется \Rightarrow
 \Rightarrow Давление \approx const $\Rightarrow P_1 = P_2 = P$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} =$

$= \frac{320\text{K}}{400\text{K}} = \frac{4}{5} \Rightarrow V_1 = \frac{4}{9} V, V_2 = \frac{5}{9} V$

1) $\frac{V_1}{V_2} = ?$

2) $T = ?$

3) $Q = ?$

2)



Упр-е Мидг.-Клаузиона:

$P V_1' = \gamma R T$

$P V_2' = \gamma R T \Rightarrow \frac{V_1'}{V_2'} = \frac{V}{2}$

$\begin{cases} P V_1 = \gamma R T_1 \\ P V_1' = \gamma R T \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{4}{9} P V = \gamma R T_1 \\ \frac{1}{2} P V = \gamma R T \end{cases}$

$\frac{8}{9} = \frac{T_1}{T} \Rightarrow T = \frac{9}{8} T_1 = \frac{9 \cdot 320\text{K}}{8} = 360\text{K}$

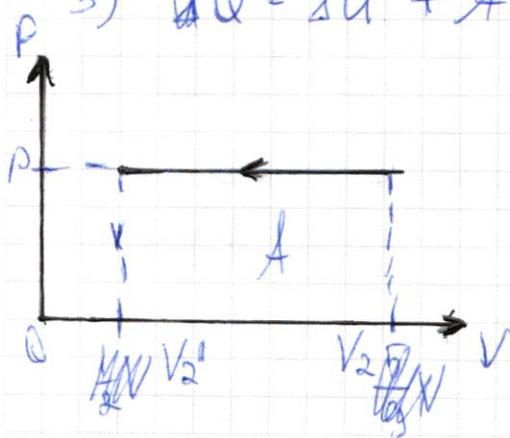
3) $Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \gamma R (T - T_2) + P (V_2' - V_2)$

$Q = \frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T) + \gamma R (T_2 - T) =$

$= \frac{5}{2} \gamma R (T_2 - T) = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot (400 - 360) \text{ Дж} = \frac{3 \cdot 8,31 \cdot 40}{1} = 498,6 \text{ Дж}$

$Q = 498,6 \text{ Дж}$

Итого: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{4}{5}; T = 360\text{K}; Q = 498,6 \text{ Дж}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $\Delta SAB \sim \Delta SKV$:

$$\frac{AB}{MK} = \frac{SO_1}{SC} \Rightarrow \frac{D}{H} = \frac{2F_0}{3F_0} \Rightarrow H = \frac{3}{4} D$$

Из графика: а диаметру линзы $d = v\tau_0$

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{H-d}{H} \Rightarrow \frac{H-d}{H} = \frac{7}{16}$$

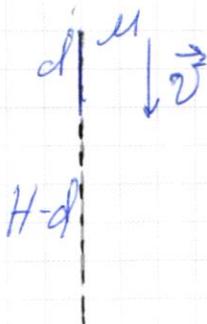
$$16H - 16v\tau_0 = 7H$$

$$16v\tau_0 = 9H$$

$$v = \frac{9H}{16\tau_0} = \frac{9}{16\tau_0} \cdot \frac{3}{4} D =$$

$$= \frac{27D}{64\tau_0}$$

3)



из графика:

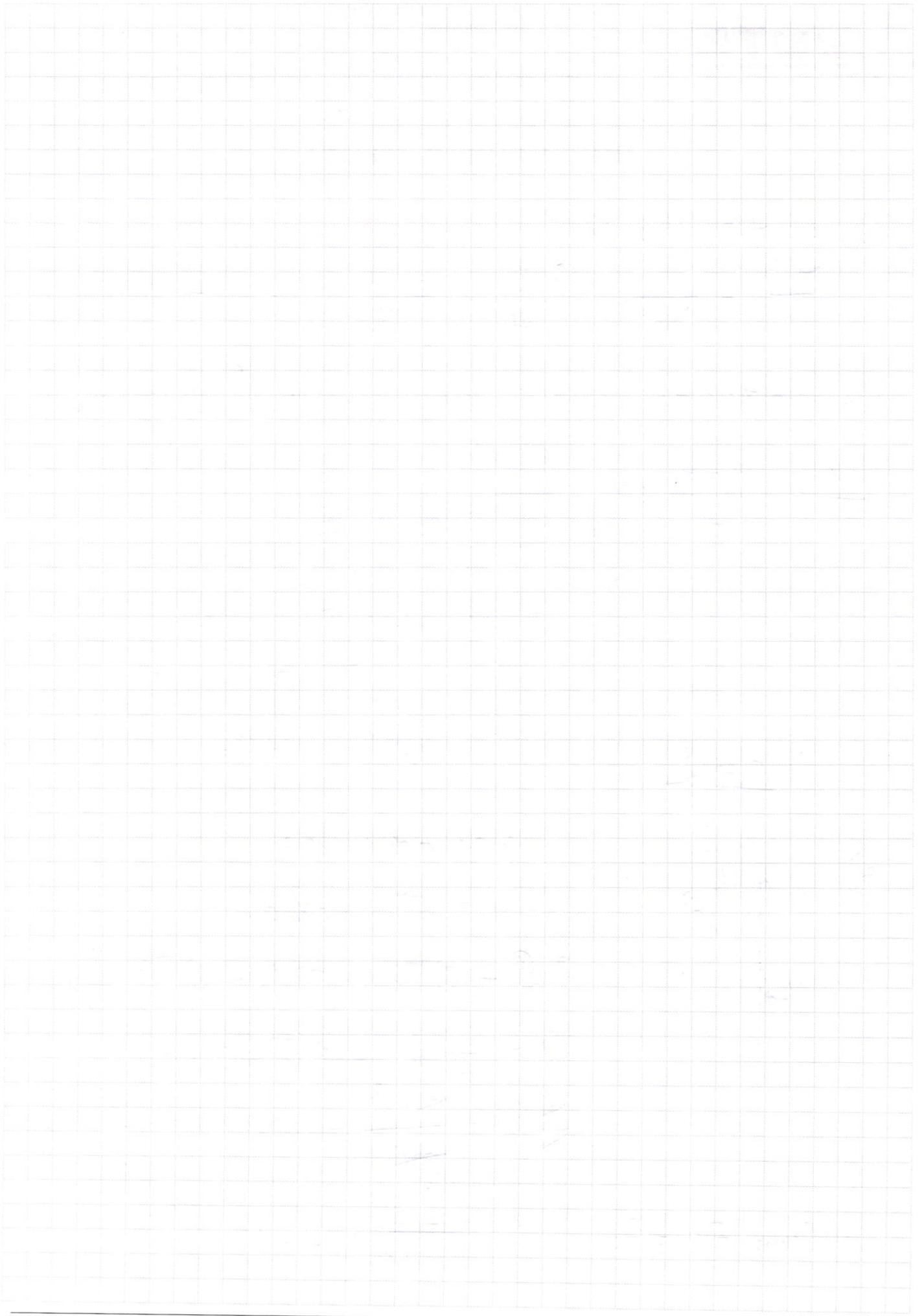
$$H-d = v(t_1 - \tau_0)$$

$$\frac{3}{4}D - v\tau_0 = vt_1 - v\tau_0$$

$$\frac{3D}{4} - \frac{27D}{64\tau_0} = \frac{27D}{64\tau_0} t_1 -$$

$$\frac{3D}{4} = \frac{27D}{64\tau_0} t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{16}{9}\tau_0$$

Ответ: $F = \frac{4}{3}F_0$; $v = \frac{27D}{64\tau_0}$; $t_1 = \frac{16}{9}\tau_0$



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)»

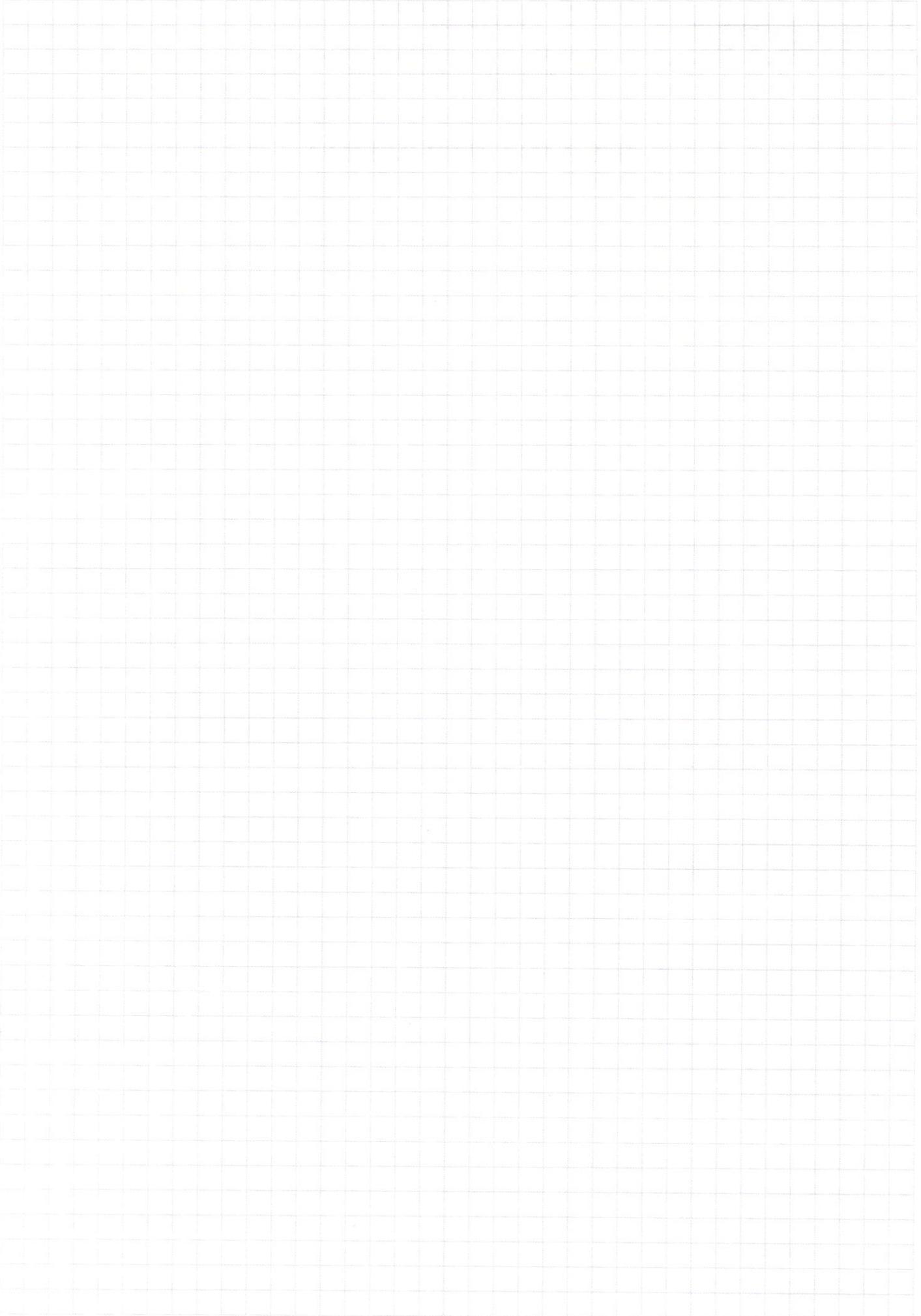
ШИФР

(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)