

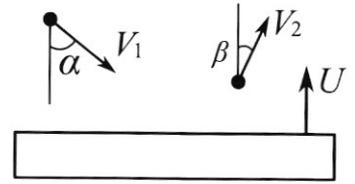
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-01

Шифр _____
(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 8$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{3}{4}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{1}{2}$) с вертикалью.

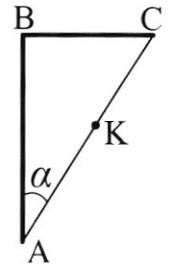


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота $T_1 = 300$ К, а кислорода $T_2 = 500$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

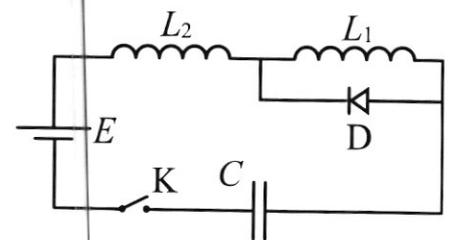
- 1) Найти отношение начальных объемов азота и кислорода.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?

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.



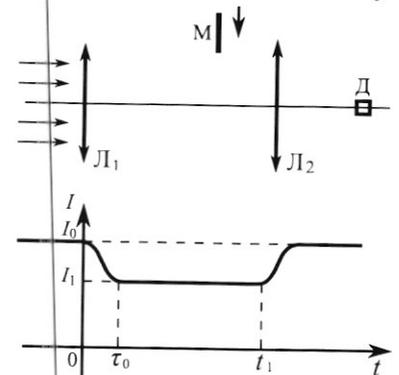
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. 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 $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C , диода D (см. рис.). Ключ К разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1 .



- 1) Найти период T этих колебаний.
- 2) Найти максимальный ток I_{M1} , текущий через катушку L_1 .
- 3) Найти максимальный ток I_{M2} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. 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 Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $2F_0$ от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.



- 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 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

Дано:

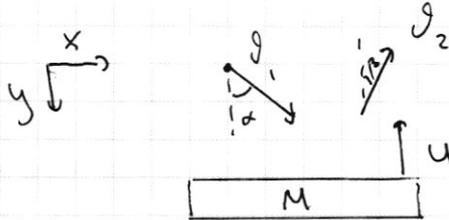
$$V_1 = 8 \text{ м/с}$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{4}$$

$$\sin \beta = \frac{1}{2}$$

$$V_2 = ?$$

$$U = ?$$



III. и планка не имеет шероховатости по горизонтали
запишем закон сохранения импульса на ось X

$$m v_1 \sin \alpha + 0 = m v_2 \sin \beta + 0, \text{ где } m - \text{ масса шарика}$$

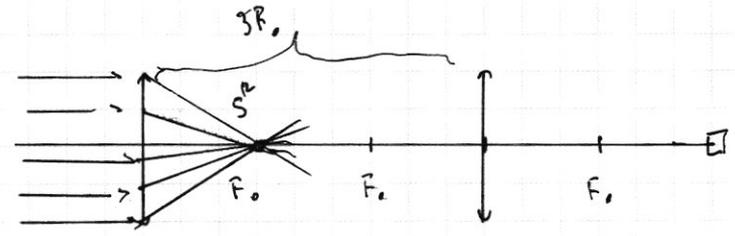
$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$$

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \cdot 3 \cdot 2}{1 \cdot 4} = 12 \text{ м/с}$$

III. и удар абсолютно не упругий, ~~что~~ равной
массе ~~математи~~ можно учесть, ~~существует~~ и
равной \bar{N} за малое время, но можно
записать ЗСМ на ось y и ЗСЭ

$$\begin{cases} m v_1 \cos \alpha - M U = -m v_2 \cos \alpha + M U \\ \frac{m v_1^2}{2} + \end{cases}$$

№5
 Дано:
 F_0, D, T_0
 $f = ?$
 $v = ?$
 $t_1 = ?$



Пл.к. лучи идут параллельно, но собираются в первом фокусе F_1 , где находится источник для F_2 , лучи которого будут собраны на F_2 на расстоянии f

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{2F_0} + \frac{1}{f} \quad f = 2F_0$$

Промежуточное время $0 - T_0$ - время за которое мишень полностью входит между линзами и тем самым загораживает лучи кабели то части лучей. Обозначим длину мишени за x

тогда $I_0 \sim D$ $x = VT_0$

$I_1 \sim D - x$ $3D = 4D - 4VT_0$

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{D - x}{D} \quad V = \frac{D}{4T_0}$$

$$\frac{3}{4} = \frac{D - x}{D}$$

$$\frac{3}{4} = \frac{D - VT_0}{D}$$

За время T_1 нижняя часть мишени пройдет расстояние D , тогда $T_1 = \frac{D}{V} = 4T_0$

Ответ: 1) $2F_0$; 2) $\frac{D}{4T_0}$; 3) $4T_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

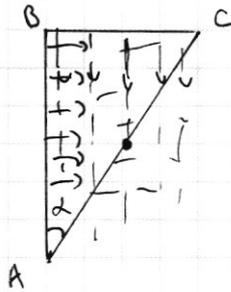
№ 3

Дано:

α, σ

$E_1 = ?$

$E_k = ?$



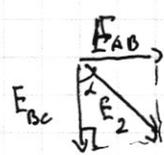
Плоская поверхность с лев. зарядом

BC σ , тогда

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = E_{BC}$$

Если зарядится левая пластина

AB, то



т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$, то

$$E_2 = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2}$$

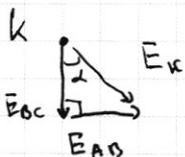
$$E_{AB} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E_2 = \sqrt{2} \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$1) \frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$$

$$2) E_{BC} = \frac{2\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$E_{AB} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$



увеличение угла α уменьшит в несколько
сторону S_{BC} , однако это никак не влияет

на поле создаваемое сел, т.к. добавляется

эта граница через концы и перпендикулярно

$$\Phi = 2 \epsilon_0$$

$$\Phi = \frac{\epsilon_0 q}{\epsilon_0} = \frac{\sigma S}{\epsilon_0}$$

Тогда $E_k = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2}$

$$E_k = \sqrt{\frac{4\sigma^2}{\epsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2}} = \frac{\sqrt{5}}{2} \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$ 2) $\frac{\sqrt{5}}{2} \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

№ 4

Дано:

ε, L_1, L_2, C

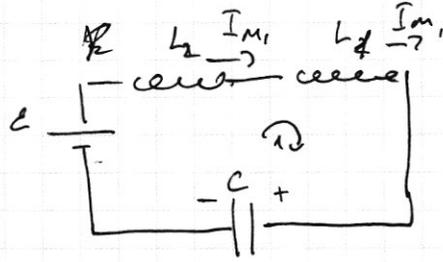
$I_{\text{к}} - ?$

$I_{M1} - ?$

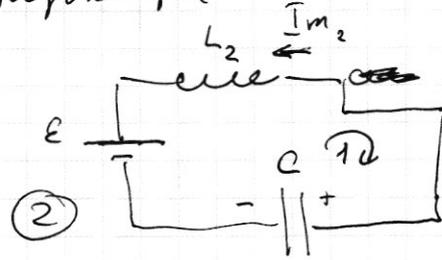
$I_{M2} - ?$

Когда ток максимальен, то его значение
называется 0

~~Запишем закон Кирхгофа~~



①



②

$$\textcircled{1}: 1) +\varepsilon - L_2 I' - L_1 I' - \frac{q}{C} = 0$$

$$q = C\varepsilon$$

$$q\varepsilon = \frac{L_2 I_{M1}^2}{2} + \frac{L_1 I_{M1}^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

$$2C\varepsilon^2 = (L_2 + L_1) I_{M1}^2 + q^2 C\varepsilon^2$$

$$I_{M1} = \sqrt{\frac{C\varepsilon^2}{L_2 + L_1}} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{L_2 + L_1}}$$

$$\textcircled{2}: 1) \varepsilon + L_2 I_{M2}' - \frac{q}{C} = 0$$

$$q = C\varepsilon$$

$$q\varepsilon = \frac{L_2 I_{M2}^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

$$I_{M2} = \sqrt{\frac{C\varepsilon^2}{L_2}} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{L_2}}$$

Ответ: 2) $\varepsilon \sqrt{\frac{C}{L_2 + L_1}}$ 3) $\varepsilon \sqrt{\frac{C}{L_2}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{2}$

Дано:

$$\nu = \frac{3}{2} \text{ моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 500 \text{ K}$$

$$C_v = \frac{5}{2} R$$

$$R = 8,31$$

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

$$T = ?$$

$$Q_2 = ?$$

В системе присутствует поршень, который, когда он не движется, то давление одинаково
нулю в начале было давление p_0 , тогда:

$$\textcircled{1} p_0 V_1 = \nu R T_1$$

$$\textcircled{2} p_0 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$$

Обозначим установившуюся температуру за T ,
давление p , а объем V

$$\textcircled{1} p V = \nu R T$$

$$\textcircled{2} p V = \nu R T$$

$$V_1 + V_2 = 2V$$

$$\nu R T_2 - \nu R T_1 = \nu R T_2 - \nu R T_1$$

$$2\nu R T = \nu R (T_1 + T_2)$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400 \text{ K}$$

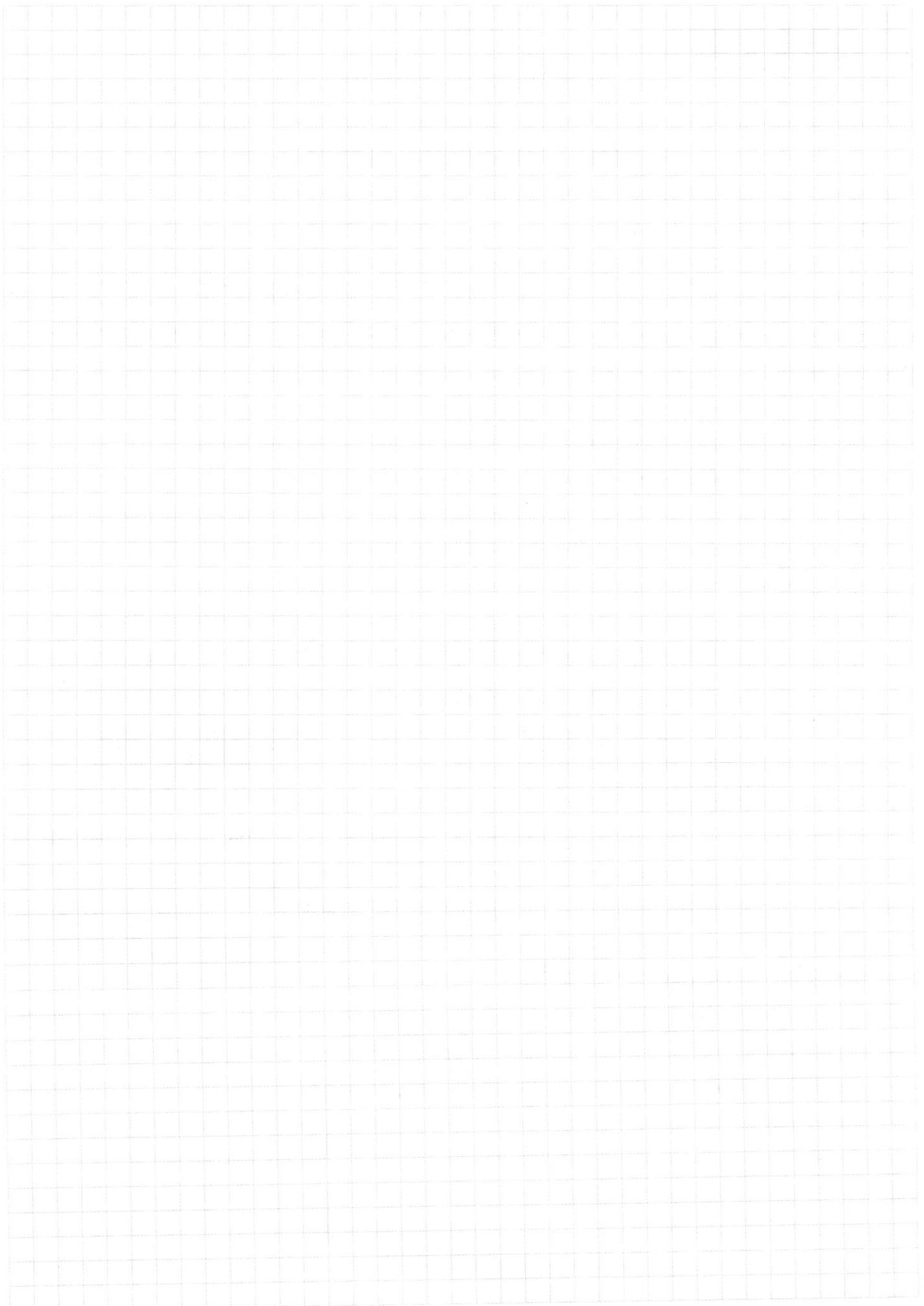
$$C_v = \frac{5}{2} R = \frac{Q}{\nu \Delta T} = \frac{\Delta U}{(\nu_2 - \nu_1) \Delta T} = \frac{\Delta U}{\Delta p V} R = k R$$

$$k = \frac{5}{2}, \text{ м.е}$$

изгиб газохатенге

$$Q = \Delta U + A = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T) + A = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T) +$$

$$p_0 (V - V_2) + (p_0 - p_0) (V - V_2)$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

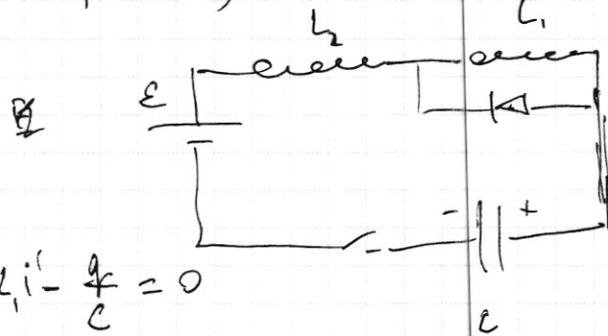
$$\begin{cases} mV_1 \cos \alpha + Mu = mV_2 \cos \beta + Mu' & mV_1 \cos \alpha - V_2 \cos \beta = \\ \frac{mV_1^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \frac{Mu'^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} & 1 - \frac{2}{10} = \frac{\sqrt{7}}{4} \quad \frac{8 \cdot \sqrt{7}}{4} - 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \end{cases}$$

$$m(V_1^2 - V_2^2) + M(u^2 - u'^2) = m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$M(u^2 - u'^2) = m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$M(u^2 - u'^2) = m(V_2 \cos \beta + V_1 \cos \alpha)$$

~~R = I R~~
~~Q = q \frac{d\phi}{dt}~~



$$\varepsilon - L_2 i' - L_1 i' - \frac{q}{C} = 0$$

ав

$$\varepsilon - L_2 i' - L_1 i'$$

$$\varepsilon = \frac{q}{C} \quad q = \frac{\varepsilon C}{2}$$

$$q = \frac{\varepsilon C}{2}$$

$$\varepsilon - L_2 i' - \frac{q}{C} = 0$$

$$\frac{qC}{2}$$

$$q \varepsilon = \frac{L_2 i'^2}{2} + \frac{q^2}{2C} + \frac{L_1 i'^2}{2}$$

$$C_v = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{(p_2 - p_1) V}$$





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)»

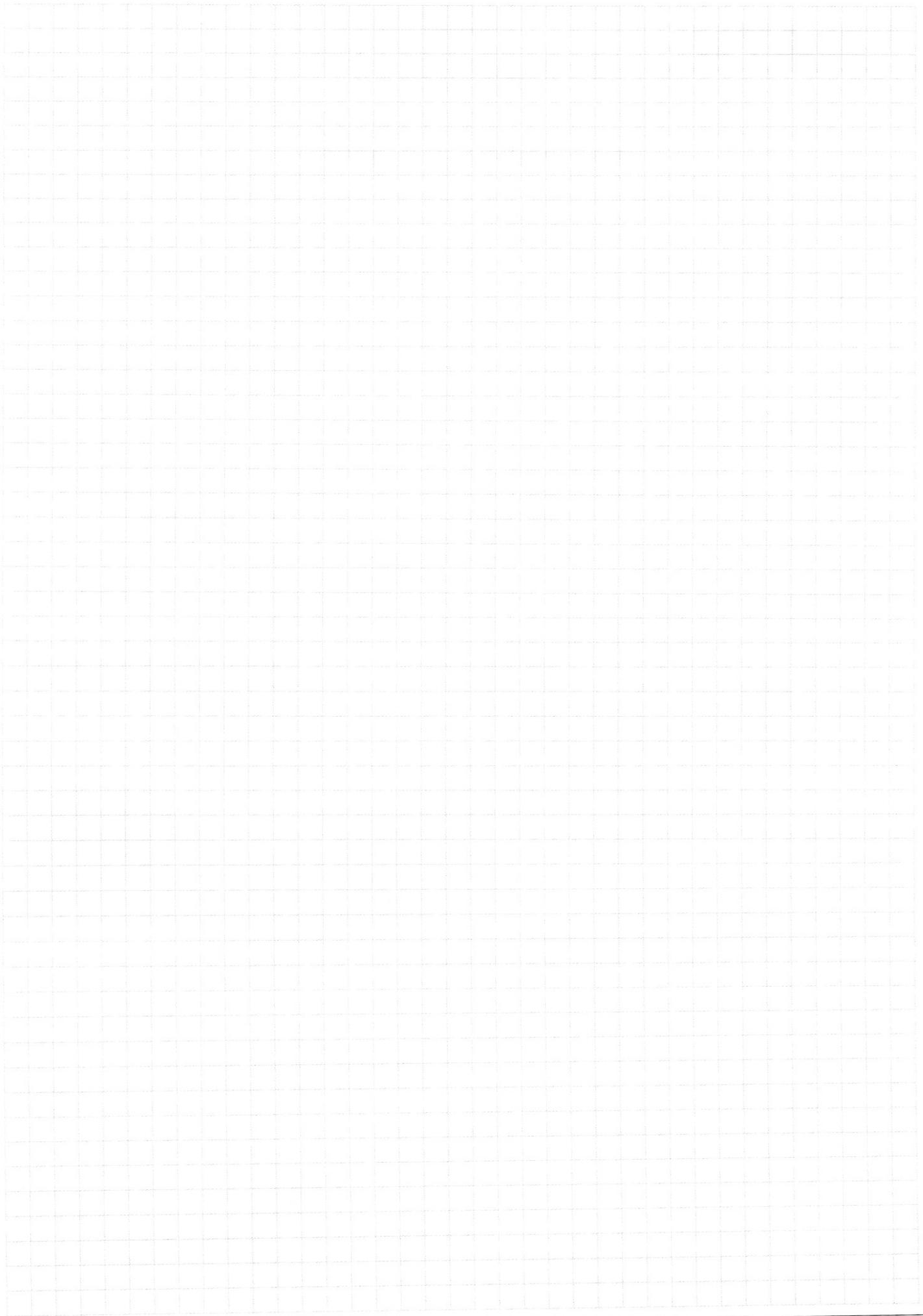
ШИФР

(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)