

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

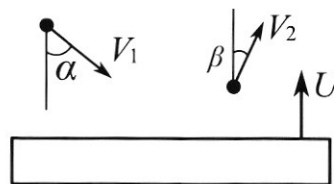
Класс 11

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.

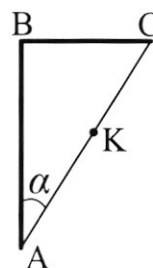
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ 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?

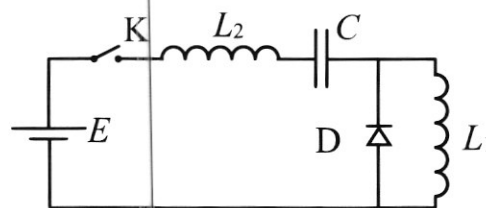
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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 .

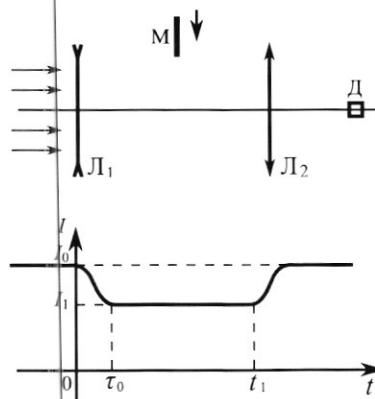


1) Найти период T этих колебаний.

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 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 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 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

$$v_1 = 18 \text{ м/с}$$

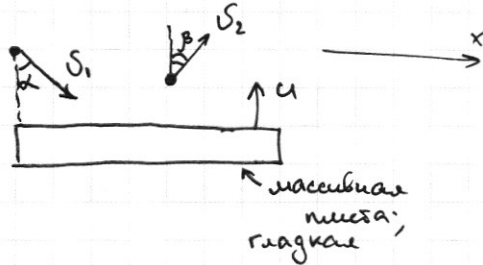
$$\sin \alpha = 2/3$$

$$\sin \beta = 3/5$$

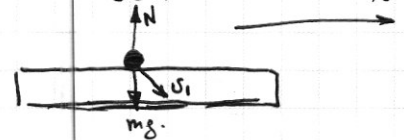
Неупругий удар

$v_2 = ?$

$u = ?$



1) Рассмотрим взаимодействие шарика с палкой в момент удара.



По ОХ $R_x = 0 \Rightarrow 3 \text{ СИ!}$

$$O_x: m v_1 \sin \alpha = m v_2 \sin \beta$$

где m - масса шарика $\Rightarrow v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$

$$\Rightarrow v_2 = v_1 \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 18 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = \frac{10}{9} \cdot 18^2 = 20 \text{ м/с}$$

Перейдем в СО палки.

2) Чтобы такой удар мог произойти, нужно чтобы $v_2 \cos \beta > u$

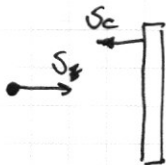
$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\Rightarrow u < \frac{4}{5} \cdot 20 \Rightarrow u < 16 \text{ м/с}$$

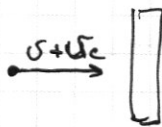
ограничение сверху.

(массивную)

3) Рассмотрим абсолютно упругий удар об стенку в горизонтальной плоскости. Сх-ть тела B , сх-ть стенки C



СО стена



т.к. удар упругий то сх-ть поменяет направление, но будет такой же по модулю

СО стена

\Rightarrow В СО земли после абсолютно упругого удара сх-ть тела $B + 2v_C$

В нашей системе, т.к. мы приобретаем силой тяжести, по вертикали при абсолютно упругом ударе сх-ть изменилась бы также

$$v_{1y} + 2u = v_2 \cos \beta$$

$$u = \frac{v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha}{2}$$

$$= \frac{20 \cdot \frac{4}{5} - 18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3}}{2} = 8 - 3\sqrt{5}$$

Ответ: $v_2 = 20 \text{ м/с}$

$$(8 - 3\sqrt{5}) \frac{\text{м}}{\text{с}} < u < 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

\Rightarrow Для нас, чтобы удар был неупругим

огранич.е снизу $u > 8 - 3\sqrt{5} \text{ м/с}$

Задача 2.

$$i = 3$$

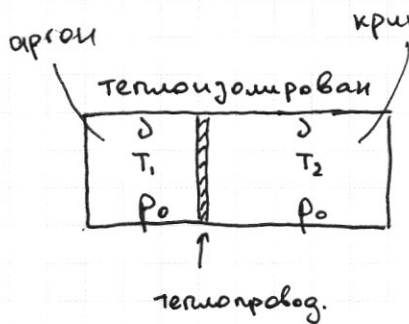
$$\nu = 3/5 \text{ моль}$$

$$T_1 = 320 \text{ К}$$

$$T_2 = 400 \text{ К}$$

1) $\frac{V_{10}}{V_{20}} - ?$

2) $T - ?$
3) $Q - ?$



1) т.к. поршень подвижный, то давление по равновесию с поршнем равно. (p_0)

Запишем ур-я сост. уг. газа для начала

$$p_0 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_0 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow \left(\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = \right.$$

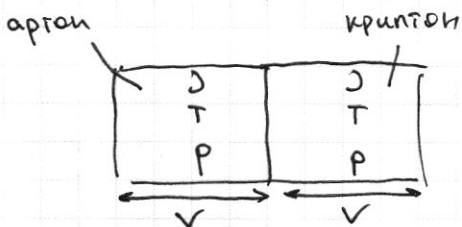
$$\left. = \frac{32}{40} = \frac{8}{10} = \frac{4}{5} = 0,8 \right)$$

2) т.к. ~~параметры~~ теплоизолирован, то внутр. энт.е сохр.вля

$$\frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} \cdot 2 \nu R T$$

$$\frac{3}{2} (T_1 + T_2) = 3 T \Rightarrow \left(T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{320 + 400}{2} = \frac{720}{2} = 360 \text{ К} \right)$$

3) Рассмотрим уг. момент.



в конце для газов: $p V_1^* = \nu R T$
 $p V_2^* = \nu R T \Rightarrow V_1^* = V_2^* = V$

тогда $V_1 + V_2 = 0,8 V_2 + V_2 = 2V$

$$1,8 V_2 = 2V \Rightarrow V_2 = \frac{2}{1,8} V = \frac{20}{18} V = \frac{10}{9} V$$

$$\begin{aligned} 72 \cdot 3 &= \\ &= 210 + 6 = \\ &= 216 \end{aligned}$$

тогда $p_0 = \frac{\nu R T_2}{V_2} = \frac{\nu R T_2 \cdot 9}{10V} = \frac{3 \cdot 9 \cdot 400 \cdot R}{10V} = 216 \frac{R}{V}$

$$p = \frac{\nu R T}{V} = \frac{3 \cdot 360 \cdot R}{V} = 216 \frac{R}{V} \Rightarrow p = p_0 \Rightarrow \text{в таком процессе равн в}$$

крайних точках ~~на~~ одинаковое давление \Rightarrow во всем процессе одинак давл.

По первому началу термод-ки для ~~А~~ Аргона

$$Q = \Delta U + A, \text{ где } Q - \text{тепло переданное от криптона, } U = \frac{3}{2} \nu R (T - T_1)$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p(V_2 - V_1); V_1 = \frac{8}{10} V_2 = \frac{8}{9} V$$

$$1) \left(Q = \frac{3}{2} \nu R (T - T_1) + \frac{1}{9} p V = \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot R \cdot 40 + \frac{1}{9} \cdot 216 \nu R T = \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot 40 R + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{9} \cdot \frac{18}{5} \cdot 360 R = 36R + 24R = 60R = 60 \cdot 8,31 = 498,6 \text{ Дж} \right)$$

$$\begin{array}{r} \times 83,1 \\ 498,6 \end{array}$$

Ответ:

1) $\frac{V_1}{V_2} = 0,8$

2) $T = 360 \text{ К}$

3) $498,6 \text{ Дж}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

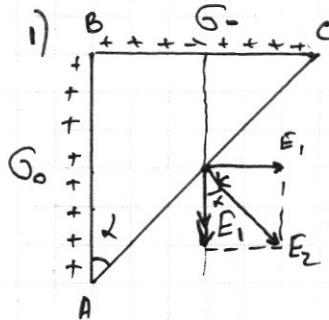
1) $\alpha = \frac{\pi}{4} : \frac{E_2}{E_1} = ?$

2) $\alpha = \frac{\pi}{9}$

$\sigma_1 = \sigma$

$\sigma_2 = \frac{2}{7}\sigma$

$E_3 = ?$



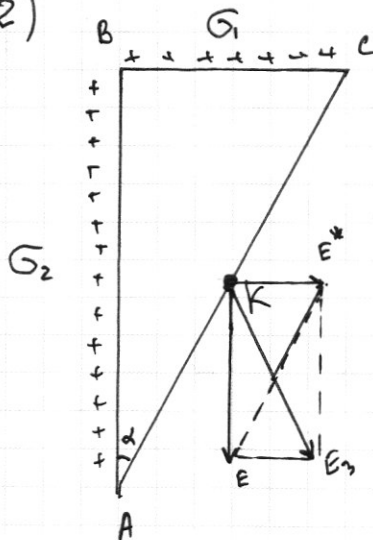
так как пластины плоские,
то они создают напр-ть $E_1 = \frac{\sigma_0}{2\epsilon_0}$
где σ_0 - поверх. плотность
заряда на BC

Если пластину AB зарядить
таким же зарядом то она
так же будет создавать E_1'

(\Rightarrow) тогда результирующая напр-ть в точке K
вычисляется 2/3 суперпозиции

$$\Rightarrow \left(\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{\cos \alpha} = \sqrt{2} \right)$$

2)



пусть $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ - напр-м. от BC

$$\Rightarrow E^* = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = \frac{2\sigma}{7 \cdot 2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{7\epsilon_0} - \text{напр. от AB.}$$

E_3 - результирующая напр-ть

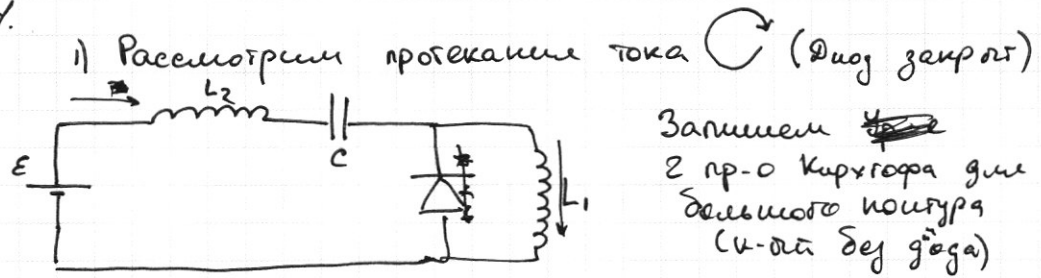
$$E_3 = \sqrt{E^{*2} + E^2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{49}}$$

$$= \frac{\sigma}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{53}{196}} = \frac{\sigma}{14\epsilon_0} \sqrt{53}$$

Ответ: $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$; $E_3 = \frac{\sigma}{14\epsilon_0} \sqrt{53}$

Задача 4.

- $L_1 = 9L$
 $L_2 = 4L$
 C, ε
- 1) T - ?
 - 2) I_{01} - ?
 - 3) I_{02} - ?



Запишем ~~2~~ 2 пр-о Кирхгофа для большого контура (и-отн без г'ага)

$$\varepsilon = U_{L_2} + U_C + U_{L_1}$$

$$\varepsilon = \frac{1}{C} q + (L_1 + L_2) \ddot{q}$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{C(L_1 + L_2)} q = \frac{\varepsilon}{L_1 + L_2}$$

ω^2

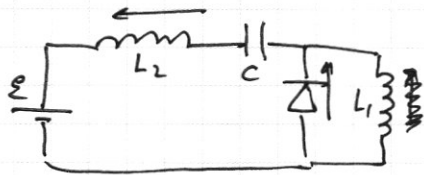
$$U_{L_2} = L_2 \dot{I}_{L_2} = L_2 \dot{q}$$

$$U_{L_1} = L_1 \dot{I}_{L_1} = L_1 \dot{q}$$

$$U_C = \frac{q}{C}$$

$$\Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{C(L_1 + L_2)}} \Rightarrow T_1 = \frac{T_1}{2} = \frac{1}{\pi \sqrt{C(L_1 + L_2)}} = \frac{1}{\pi \sqrt{9CL}}$$

2) Рассмотрим движение тока в обратную сторону (диод открыт)



$\Rightarrow U_D = 0 \Rightarrow U_{L_1} = 0 \Rightarrow I_{L_1} = 0$
 (т.к. за первый процесс ток з/з L_1 - замкнулся)

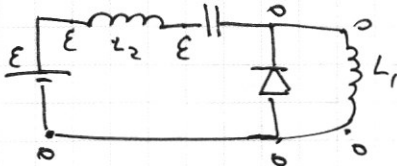
$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{1}{C} q + L_2 \ddot{q} \Rightarrow \ddot{q} + \frac{1}{CL_2} q = \frac{\varepsilon}{L_2}$$

ω^2

$$\Rightarrow \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{CL_2}} \Rightarrow T_2 = \frac{T_2}{2} = \frac{1}{\pi \sqrt{CL_2}} = \frac{1}{\pi \sqrt{4CL}}$$

$$\Rightarrow T = T_1 + T_2 = \frac{1}{\pi} (\sqrt{9CL} + \sqrt{4CL})$$

3) Ток з/з L_1 - макс, когда ток идет \odot ; $U_{L_1} = 0$; $U_{L_2} = 0$.



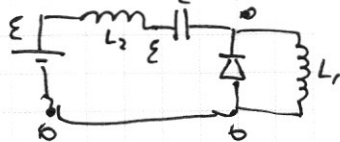
$$\Rightarrow U_C = \varepsilon$$

ЗСЭ:

$$\varepsilon \cdot C\varepsilon = \frac{C\varepsilon^2}{2} + \frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{L_2 I_{01}^2}{2}$$

$$C\varepsilon^2 = (L_1 + L_2) I_{01}^2 \Rightarrow I_{01} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{9L}}$$

4) Ток з/з L_2 - макс при \odot движении тока, $U_{L_2} = 0$



$$\Rightarrow \varepsilon \cdot C\varepsilon = \frac{C\varepsilon^2}{2} + \frac{L_2 I_{02}^2}{2} \Rightarrow I_{02} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{4L}}$$

Ответ:

$$T = \frac{1}{\pi} (\sqrt{9CL} + \sqrt{4CL})$$

$$I_{01} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{9L}}$$

$$I_{02} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{4L}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5.

1) Рассмотрим систему линз.

$$F_p = | -2F_0 | = 2F_0$$

$$F_c = (F_0); L_1 = 2F_0$$

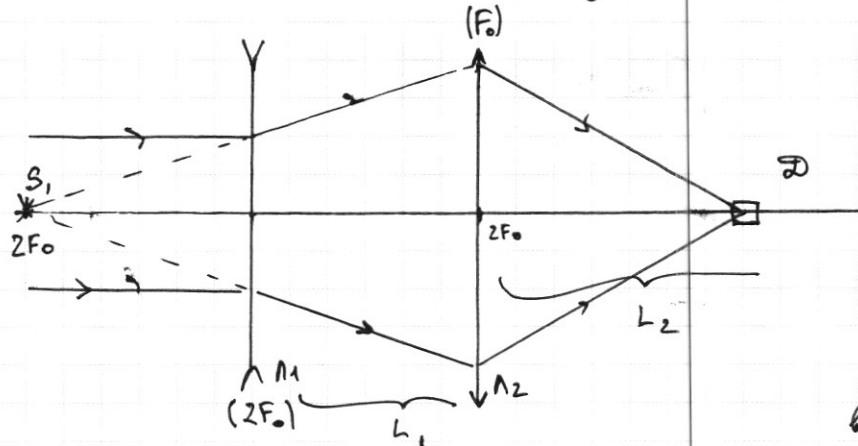
$$\textcircled{2} \ll F_0, \textcircled{T_0}$$

$$I \sim N_{\text{света}}$$

$$v = \text{const}$$

$$I_1 = \frac{7}{16} I_0$$

1) $L_2 = ?$
2) $v = ?$
3) $t_1 = ?$

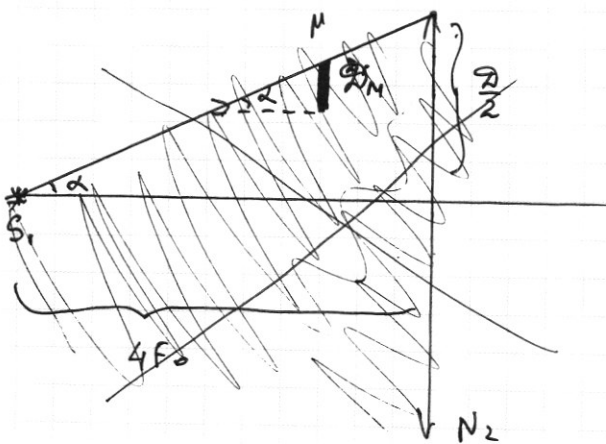


Параллельный пучок света, к-ый || ГОО, рассеивается так, что продолжение его лучей попадают в ~~фокус~~ в фокус рас. линзы, тогда ~~на~~ на L_2 падают лучи выпускаемые от действ. пр-та S_1 , находящимся на расстоянии $d = 2F_0 + L_1 = 4F_0$ от L_2 ,

тогда по формуле тонкой линзы: $\frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{L_2}$

$$\Rightarrow \left(L_2 = \frac{4F_0 \cdot F_0}{4F_0 - F_0} = \frac{4}{3} F_0 \right)$$

2) $d \ll F_0 \Rightarrow$ от предмета S_1 на линзу L_2 падают практически ~~параллельные~~ параллельные лучи. Тогда по графику меньше времени T_0 - момент, когда мишень M ~~закрывает~~ закрывает свет всей своей поверхностью.



$I \sim N_{\text{св}}$, т.к. мы считаем, что на L_2 падает || пучок, то $N_{\text{св}} \sim S$

$\Rightarrow I \sim S$, где S - площадь падающего света на линзу L_2

$$\Rightarrow \frac{I_1}{I} = \frac{S_1}{S_n} \quad S_n = \frac{\pi d^2}{4}$$

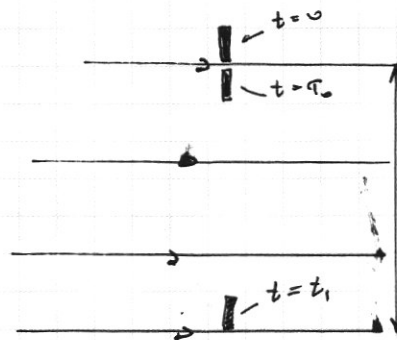
$$\Rightarrow S_1 = \frac{I_1}{I} S_n = \frac{7}{16} S_n$$

$$S_1 = S_n - S_m \Rightarrow S_m = \frac{9}{16} S_n = \frac{\pi d_m^2}{4}$$

$$\frac{\pi d_m^2}{4} = \frac{9}{16} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow d_m = \frac{3}{4} d$$

$$\Rightarrow \left(v = \frac{d_m}{\tau_0} = \frac{3d}{4\tau_0} \right)$$

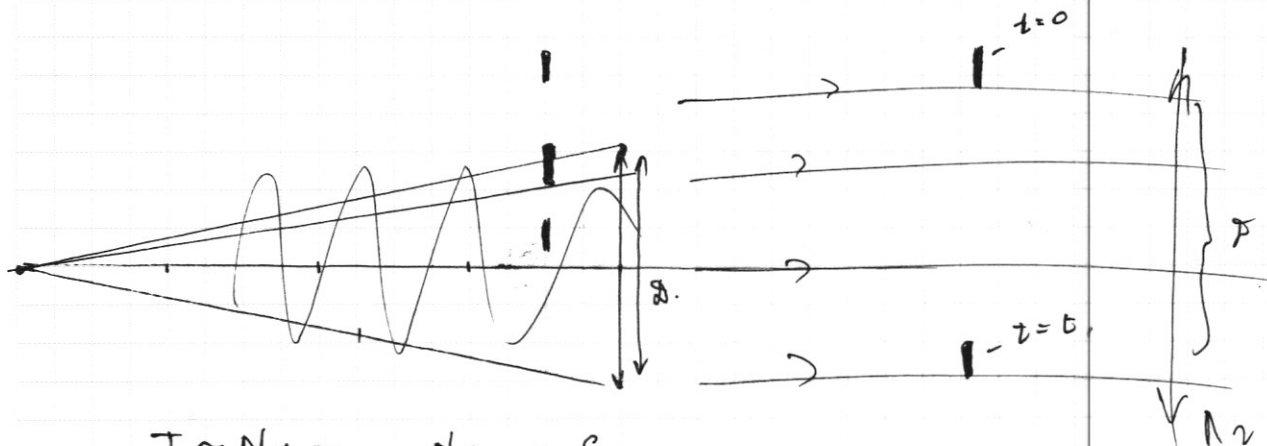
$$\left(t_1 = \frac{d}{v} = \frac{4}{3} \tau_0 \right)$$



Ответ:

$$\frac{L_2 = 4/3 F_0}{v = \frac{3d}{4\tau_0}}$$
$$t_1 = \frac{4}{3} \tau_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



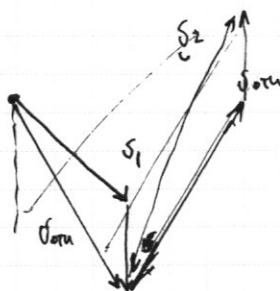
$I \sim N_{\text{частиц}}$ $N_{\text{частиц}} \sim S$

$\Rightarrow I \sim S$

$\frac{1}{R^2} = \frac{\pi \Delta^2}{1}$
 $R = \frac{20}{2}$

$V_{iy} = V_1 \cdot \cos \alpha$

1)



Если $\delta \alpha$
или угловой
удар

$\downarrow V_{iy}$

$\sqrt{V_2 + 2u}$

$\cos \alpha = \sqrt{\frac{9}{9} - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$

$(V_2 + 2u) = V_2 \cdot \cos \beta$

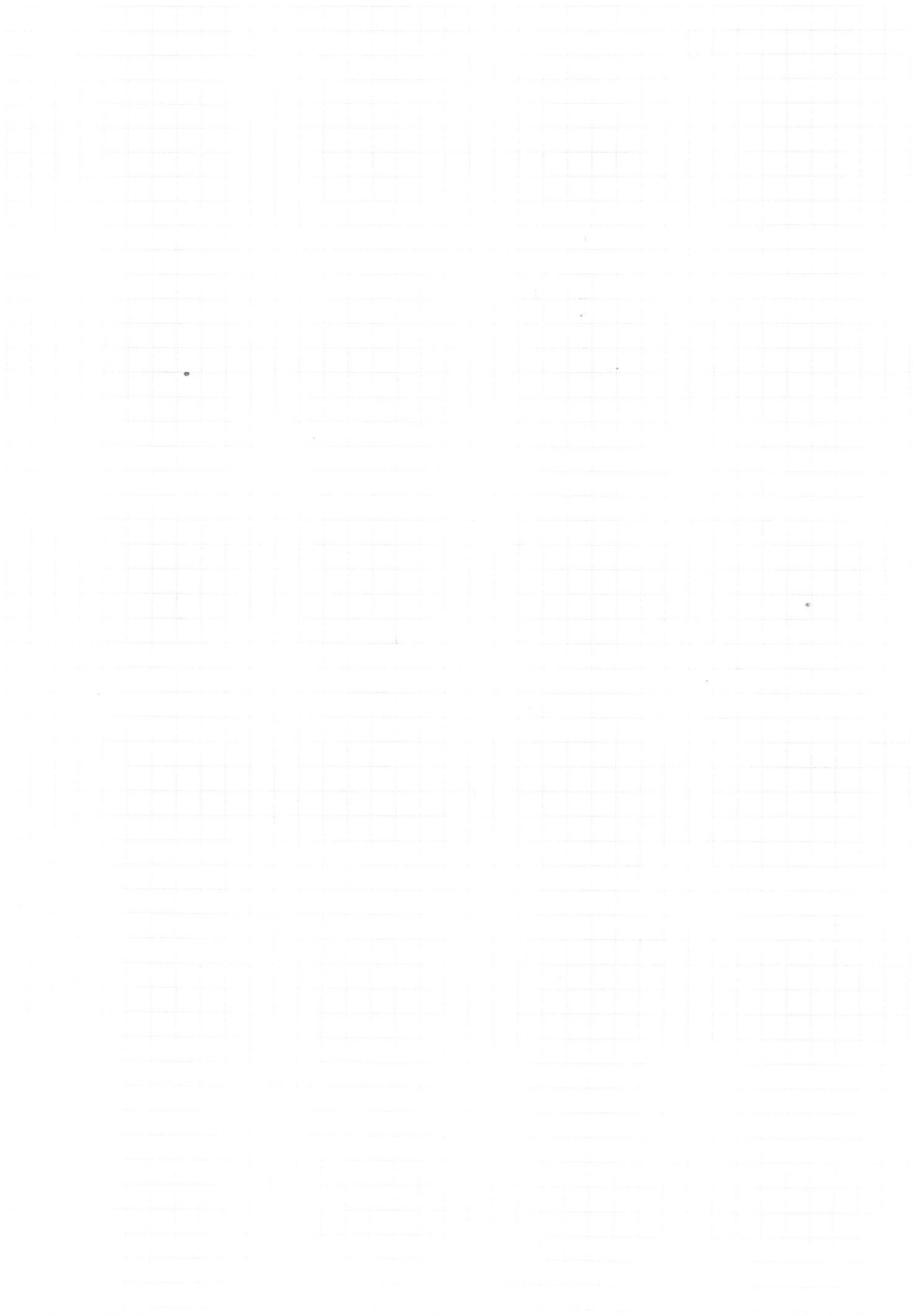
$6\sqrt{5} + 2u = 20 \cdot \frac{4}{5} \Rightarrow 6\sqrt{5} + 2u = 16$

$u = \frac{16 - 6\sqrt{5}}{2} = 8 - 3\sqrt{5}$

$64 \sqrt{9.5}$
 $64 \sqrt{4.5}$

$\frac{14}{14} = \frac{56}{56}$

$\frac{5}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{20}{20} = \frac{15}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot R \cdot 40^{20} = 60$



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

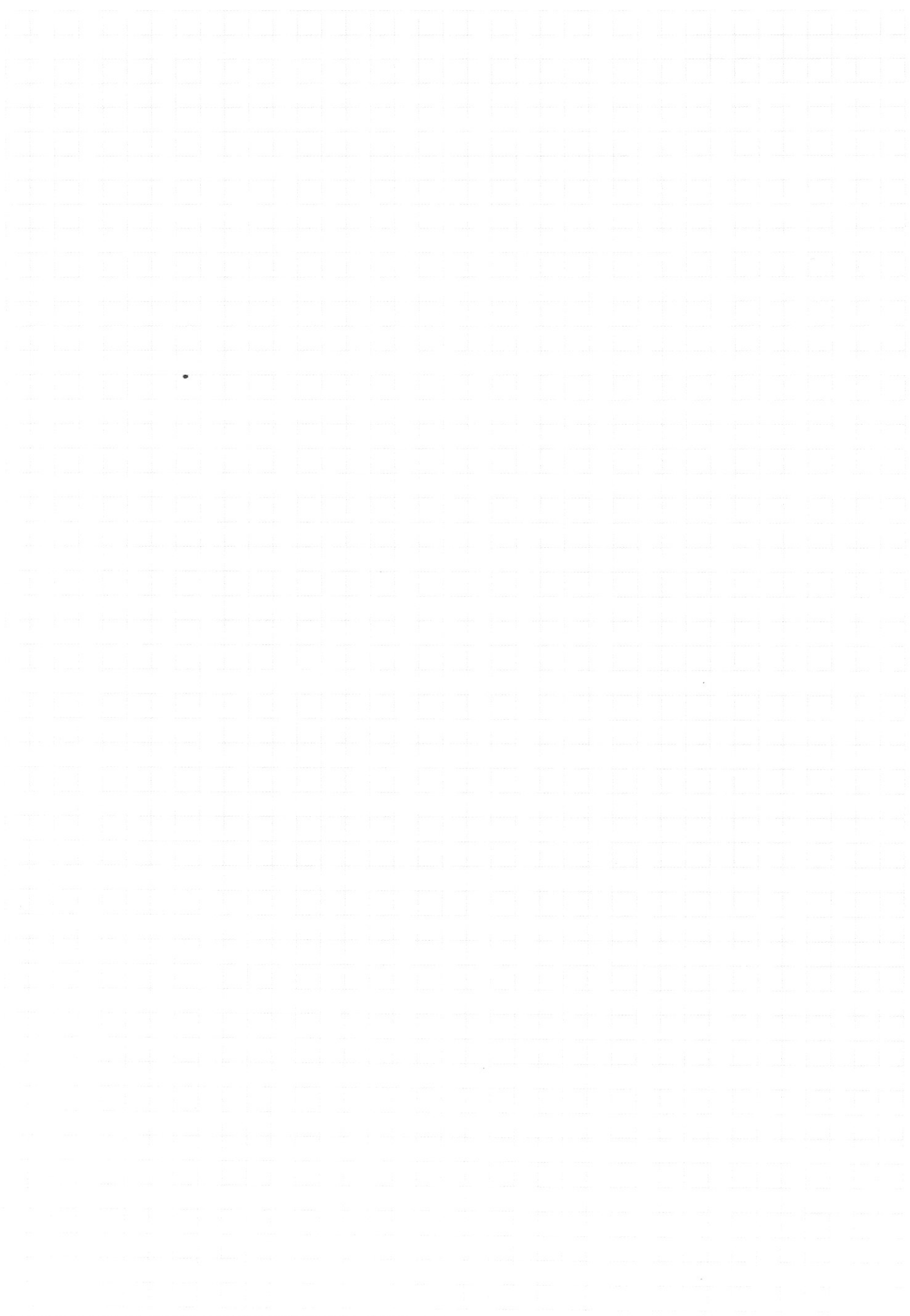
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)