

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

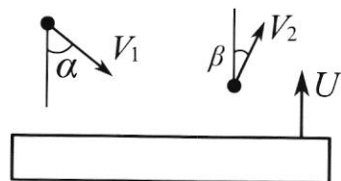
Класс 11

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.

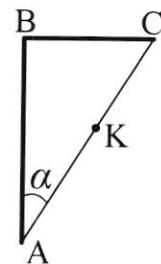


- 1) Найти скорость V_2 .
- 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе. Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

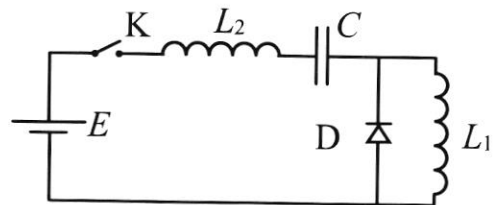
- 1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

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.



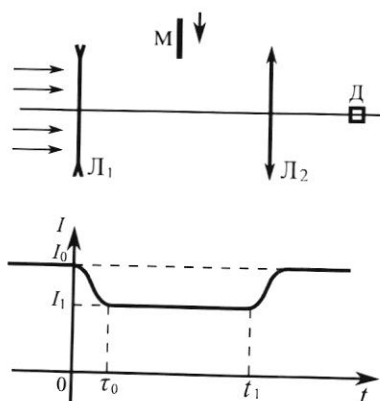
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно 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). $I_1 = 7I_0/16$

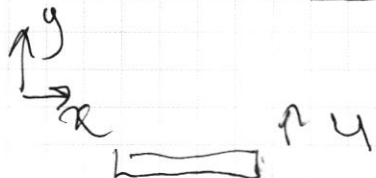
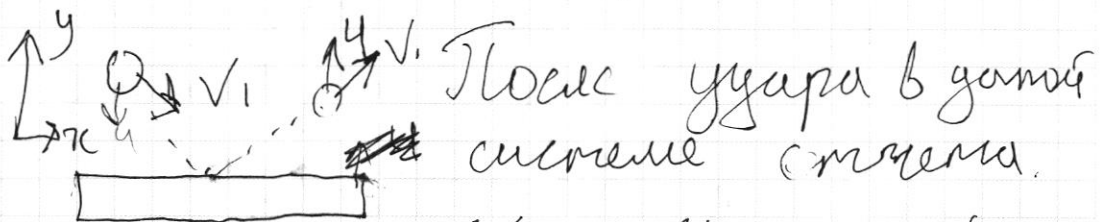


- 1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.
 - 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .
- Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

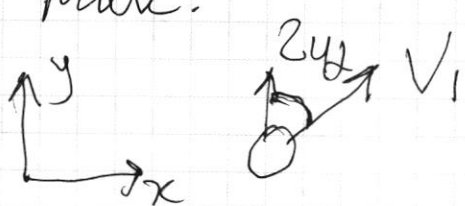
Рассмотрим систему относитель-
тельно массивной плиты.



После удара в данной
системе (точнее,
скорость шарика
по x не изменится, а
по y поменяет модуль.

$(V_{y0} = -V_{y0})$ - скорости по y в начале

⇒ в системе отсчета, связанной с землей, шарик будет двигаться так:



(по x скорость не поменяется, а по y по модулю увеличится на $2v$).

Имеем: т.к. по x скорость не поменяется ⇒

$$V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$$

$$V_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{2 \cdot 5}{\frac{5}{2}} = \frac{10}{9} \quad V_1 = 20$$

II пункт $V_2 = 20 \text{ м/с}$

V_{xy} - скорость по y в момент соударения

$$V_y = V_2 \cos \beta = 16 \text{ м/с.}$$

т.к. скорость, как было сказано ранее поменяется на 24

$$\Rightarrow V_y - V_{y0} = 24.$$

скорость по y в начале

$$16 - 655 = 24; \quad u = 8 - 355$$

Ответ: $20; 8 - 355.$

№2.

1) III.к поршень движется очень медленно \Rightarrow давление по обе стороны поршня равно в любой момент (ч в посылке)

2) Да. Заметим, что работа

1-ого газа в любой момент времени равна работе 2-ого газа.

$$Q_1 = A_1 + \Delta U_1 - \text{кон-во энергии, работа, изменение энергии для 1-ого и 2-ого газа}$$

$$Q_2 = A_2 + \Delta U_2$$

$$Q_1 + Q_2 = A_1 + A_2 + \Delta U_1 + \Delta U_2$$

$$A_1 + A_2 = 0 \quad (\text{т.к. по пункту 2})$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \quad (\text{т.е. теплоизолирован})$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Rightarrow 0 = \delta U_1 + \delta U_2$$

2 вопрос: как δW поизвольно равно,
энергия в начале равна энергии
в конце. $\Rightarrow \frac{3}{2} R T_1 + T \frac{3}{2} R T_2 =$
 $= 2 \cdot \frac{3}{2} R T_k \Rightarrow T_k = \frac{T_1 + T_2}{2} = 360 \text{ K}$

1 вопрос: по пункту 1: давление
всегда равно

$$\Rightarrow \frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R T_2}{V_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{4}{5}$$

3 вопрос и т.д. по пунктам
1-и 2 давление равно и энергия
не меняется. рассмотрим
момент, когда объем 1
части увеличился на δV
4-го давление обеих частей
- p Объем частей
в начале

$$\frac{3}{2} p (V_{01} + \delta V) + \frac{3}{2} p (V_{02} - \delta V) =$$

$$= \frac{3}{2} p_0 (V_{01} + V_{02}) \text{ в начале}$$

$\Rightarrow p = p_0 \Rightarrow$ процесс идет
поизволь из газа газ-ударный

Q_2 - количество теплоты, отданной
2-ой бане за время

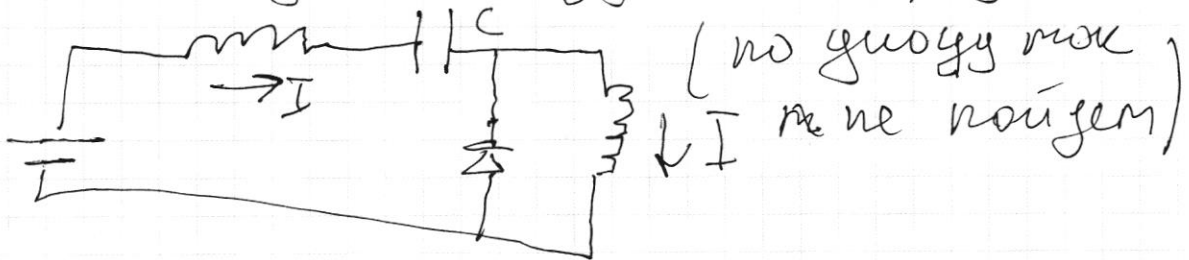
$$Q_2 = \frac{5}{3} \Delta U \text{ (так удобнее)}$$

$$\Rightarrow Q_2 = \frac{3}{5} \cdot \frac{5}{3} \cdot \frac{3}{2} R \Delta T = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 40 =$$

$$= 83,1 \cdot 6 = 504,6 \cdot 498,6$$

Ответ: $\frac{4}{5}$; 360 К, 498,6 Дж.
✓4.

В какой-то момент времени
(когда ток пойдет через
ток идет следующим образом.



\Rightarrow где это контура:

$$4LI' + 5LI' + \frac{q}{C} = 0 \cdot E$$

$$9LI'' + \frac{I}{C} = 0 \text{ (производная)}$$

$$I'' + \frac{I}{9CL} = 0$$

$$\Rightarrow \omega_1 = \frac{1}{3\sqrt{CL}}$$

$$\Rightarrow T_1 = 2\pi \sqrt{9CL}$$

то заметим, что таким со-
содом ток будет течь только до
достижения конденсатором макси-

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

маленького напряжения, т.е. поворота.
периода $(\frac{T_1}{2})$, после же достигнем
таке напряжения, так поперем в
обратную сторону \Rightarrow он поперем
через нуль и не будет там
через катушку L .
Две такие колебаний:

$$\frac{q}{C} + 4L I' = E$$

$$\frac{I}{C} + 4L I'' = 0$$

$$\Rightarrow \frac{I}{4LC} + I'' = 0$$

$$\Rightarrow \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{4LC}}$$

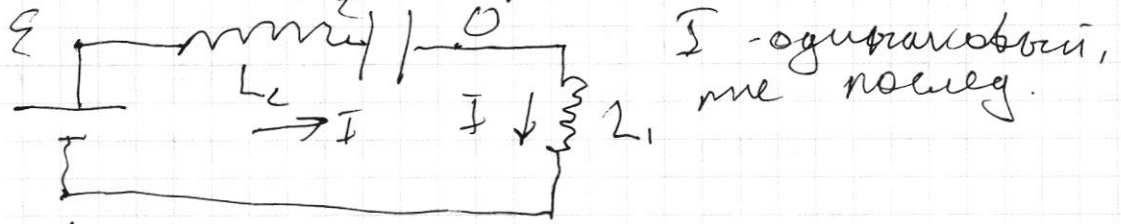
$$T_2 = 4\pi\sqrt{LC}$$

Таме тоже будет обратное ratio
повороту периода $(\frac{T_2}{2})$ пока не стаето
и не поменяет направление т.е.
система вернетса в начальное
положение:

$$\Rightarrow \text{общий период всей системы} \\ = 3\pi\sqrt{LC} + 2\pi\sqrt{LC} = 5\pi\sqrt{LC}$$

2.7 Ток максимален, когда напряжение на катушке 0

⇒ когда ток максимален.
 потенциально рассеивается ток:



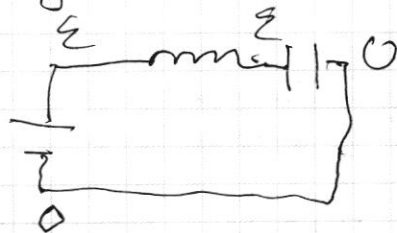
по ЗСЭ:

$$\frac{9LI^2}{2} + \frac{C\varepsilon^2}{2} = C\varepsilon^2$$

$$C\varepsilon^2 = 9LI^2$$

$$I = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \frac{\varepsilon}{3} \text{ - где } L_1$$

на L_2 ток максимален, когда по L_1 ток не течет, потенциально вытекает ток:



по ЗСЭ:

$$C\varepsilon^2 = \frac{C\varepsilon^2}{2} + \frac{4LI^2}{2}$$

$$4LI^2 = C\varepsilon^2$$

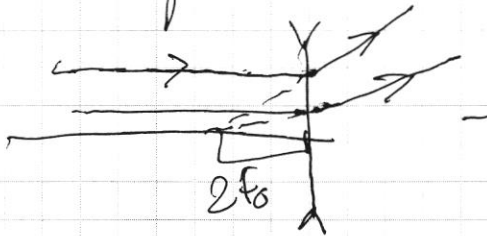
$$I = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \frac{\varepsilon}{2}$$

Ответ: $55,52 \text{ с}$, $\sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \frac{\varepsilon}{3}$; $\sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \frac{\varepsilon}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

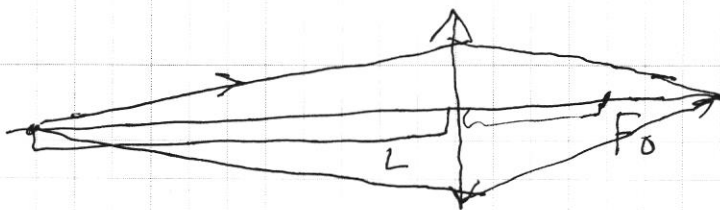
№ 5

рассмотрим, как линза L , превращающая параллельный пучок



она её собирает в минимуме прохода на расстоянии $2F_0$ от себя.

⇒ Эквивалентная оптическая система для L_2 будет выглядеть так:



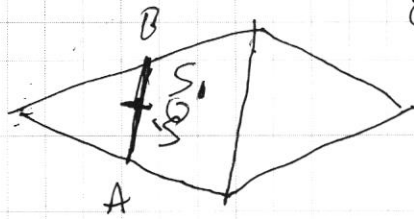
$$L = 4F_0$$

т.к. лучи собираются в фокусе-ректора ⇒ $\frac{1}{f} + \frac{1}{4F_0} = \frac{1}{F_0}$ (рассматриваем от линзы до фокуса-ректора)

$$\Rightarrow f = \frac{4F_0}{3}$$

2) Пусть. заметим, что так как ток пропорционален мощности, он будет пропорциона-

опиши путь лучей в этом пучке



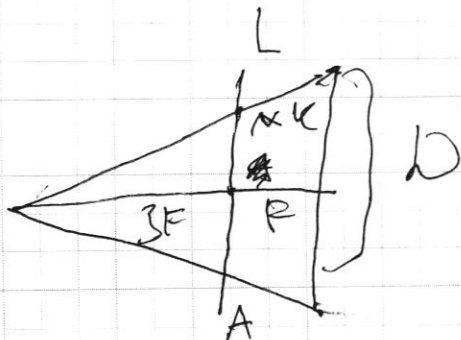
Есть $S_{ABO} = S$ (AB и BO - диаметр
 лемени в 1-ой
 половине
 окружно-
 сти.)
 и $S_{BO} = S_1$ и через
 BO не идет свет

то жео лучей, проходящих
 "барьер" (BO) - $N_0 \cdot \frac{S-S_1}{S}$, где
 N_0 - число лучей в пучке

$$\Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{S-S_1}{S} = \frac{I_1}{I}$$

S_1 - площадь, перекрытая
 линзой. (когда она полностью
 освещена)

$\Rightarrow S_1 = \frac{9}{16} S$ S - площадь
 сечения освещенной
 области, проходя-



L_1 - край свет через L_1

L_1 - прямая, по которой
 движется линза

$$KA = \frac{3}{4} D \text{ (по Пареллу)}$$

$$\frac{3}{4} D^2 \pi$$

За KA - окружность
 проходящая \perp по
 главной опти оси и
 содержащая L

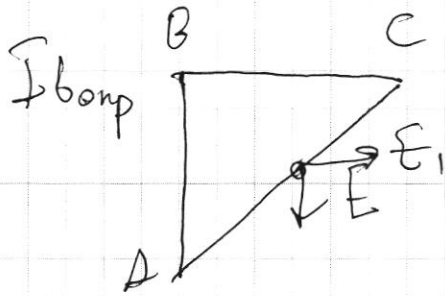
$$S_1 = \frac{9}{16} S \Rightarrow d_1 - \text{диаметр}$$

$$\Rightarrow d_1 = \frac{9}{16} D$$

В первую опти

$$t=0 \text{ до } t=\tau$$

№3

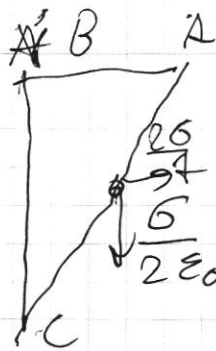


Если со стороны BC действует поле E , то когда пластину зарядят, то со стороны AB, на него будет действовать поле $E_1 \perp E$ (м.к. заряды разно)

$$\Rightarrow E_k = \sqrt{E^2 + E^2} \text{ (по суперпозиции)}$$

$$\Rightarrow E_k = \sqrt{2}E; \text{ Ответ: в } \sqrt{2} \text{ раза.}$$

II вопрос.



Со стороны AB -

$$\frac{6}{2\epsilon_0}$$

Со стороны BC

$$\frac{2G}{14\epsilon_0}$$

Эти поля перпендикулярны друг другу. тогда по принципу суперпозиции:

$$E = \sqrt{\frac{6^2}{49\epsilon_0^2} + \frac{6^2}{4\epsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{4e^2 + 106^2}{4 \cdot 196\epsilon_0^2}} = \frac{\sqrt{53}}{14} \cdot \frac{6}{\epsilon_0}, \text{ где } \epsilon_0$$

- электрическое поле.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

лишеть пройдёт путь, равный
 $\frac{9D}{16}$ (наименьшая ~~взвешанная~~ взвешанная
 см) $\Rightarrow V = \frac{9D}{16T_0}$

3 вопрос: от T_0 до t_1 - период,
 когда лишеть полностью
 освещена.

- начальное положение
 - конечное положение

\Rightarrow пластина проезжает путь -

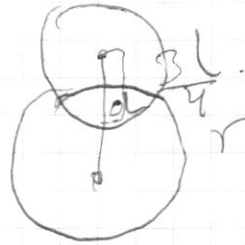
$$- \frac{3D}{4} - \frac{9D}{16} = \frac{3D}{16}$$

$$\Rightarrow t_1 - T_0 = \frac{\frac{3D}{16}}{\frac{9D}{16T_0}} = \frac{T_0}{3}$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{4}{3} T_0$$

Ответ: $\frac{4}{3} T_0$; $\frac{9D}{16T_0}$; $\frac{4}{3} T_0$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$I = d \cdot S \quad \frac{VRT}{V} = pV$$

$$\Delta I = 2 \cdot \Delta S \quad V R \Delta T = p \Delta V + \Delta p V$$

$$4V \quad | \quad 5V$$

$$\frac{L}{S}$$

$$P_1 = 4V + \Delta V \quad , \quad 5V - \Delta V =$$

$$P_0 = 5V$$

$$mV, \cos \alpha - MV = -MV \neq -$$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$L_2 \dot{I}' + L_1 \dot{I}' + \frac{q}{C} = E \quad \frac{vRT}{V} = p.$$

$$(L_2 + L_1) \dot{I}' + \frac{q}{C} = E \quad \frac{vR}{V} \left(\frac{\Delta I}{\Delta t} \right) = \epsilon \Delta p.$$

$$\frac{1}{\sqrt{(L_2 + L_1)C}} \quad \frac{vR}{V} \left(\frac{\Delta I}{\Delta t} \right) = p_0 V +$$

$$3\pi \sqrt{2.9LC} v_0 p$$

$$3\pi \sqrt{LC}.$$

$$\frac{dI}{C} + L_2 \ddot{I} = 0$$

$$\omega = 2\pi \sqrt{LC}$$

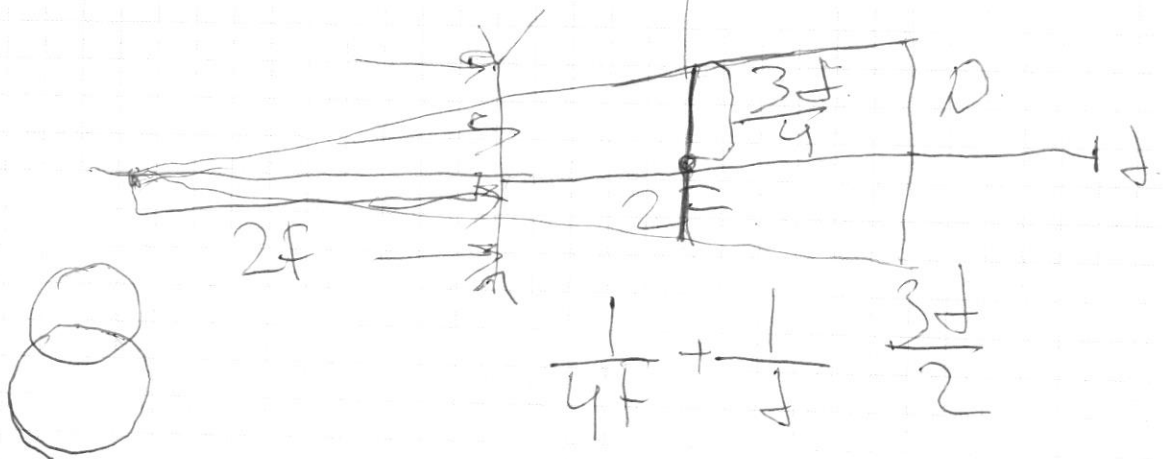
$$\Rightarrow T = 2\pi \sqrt{LC}$$

$$\frac{C\epsilon^2}{2} = 8 g L I^2$$

$$\frac{\sqrt{C\epsilon^2}}{\sqrt{L3}} = I \quad 4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\sqrt{\frac{C}{L}} \frac{\epsilon}{2}$$

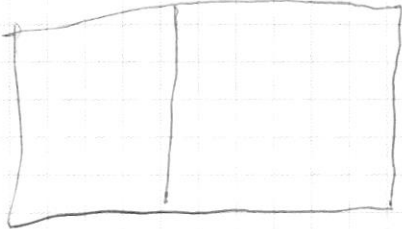
$$\frac{\delta I}{I_0}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{4}{3}V_1 + U_2 = \frac{2}{3}V_1 + 2U_2$$

$$\frac{4}{3}V_1 + \frac{4}{3}V_1 + 2U_2 = \frac{2}{3}V_1 + 2U_2$$



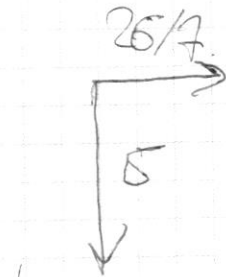
$$0 = 2U_2$$



$$20RT_k = 20RT_k + 20RT_0 \quad \frac{2V_1 + 3}{4} = \frac{4V_1 + 2U_2}{V_1}$$

$$\frac{4}{9} + \frac{U_2}{4} = \frac{V_1}{16} + \frac{2}{36} = \frac{5}{36}V_1$$

$$\frac{4}{6}V_1 = \frac{4V_1}{18} + 2U_2$$



$$\frac{4}{99}$$