

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

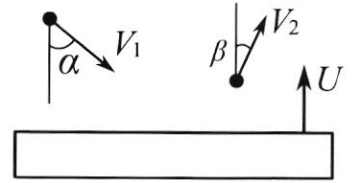
Класс 11

Вариант 11-03

Шифр

(заполняется секретарем)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью  $U$  вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость  $V_1 = 12$  м/с, направленную под углом  $\alpha$  ( $\sin \alpha = \frac{1}{2}$ ) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью  $V_2$ , составляющей угол  $\beta$  ( $\sin \beta = \frac{1}{3}$ ) с вертикалью.

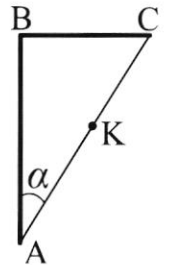


- 1) Найти скорость  $V_2$ .
  - 2) Найти возможные значения скорости плиты  $U$  при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве  $\nu = 6/7$  моль. Начальная температура водорода  $T_1 = 350$  К, а азота  $T_2 = 550$  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).

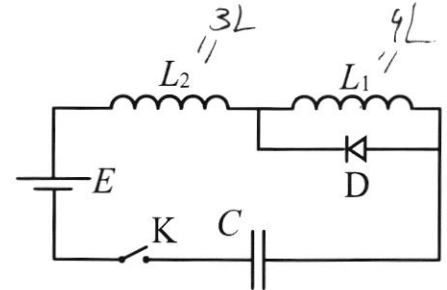
- 1) Найти отношение начальных объемов водорода и азота.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

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.



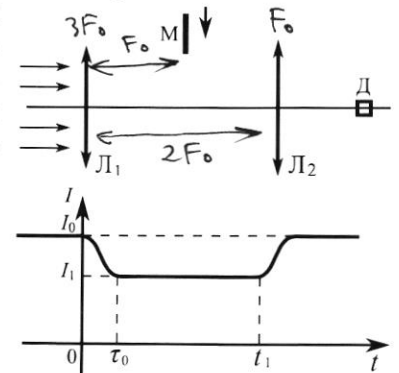
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол  $\alpha = \pi/4$ . Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда  $\sigma_1 = 3\sigma$ ,  $\sigma_2 = \sigma$ , соответственно. Угол  $\alpha = \pi/5$ . 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  $L_1 = 4L$ ,  $L_2 = 3L$ , конденсатора емкостью  $C$ , диода D (см. рис.). Ключ  $K$  разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в  $L_1$ .



- 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 фокусными расстояниями  $3F_0$  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).  $I_1 = 5I_0/9$ .



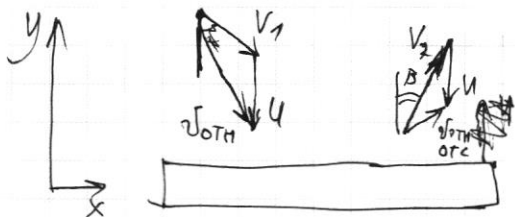
- 1) Найти расстояние между линзой  $L_2$  и фотодетектором.
- 2) Определить скорость  $V$  движения мишени. 3) Определить  $t_1$ .

Известными считать величины  $F_0$ ,  $D$ ,  $\tau_0$ .

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача 1

в СО плиты:



1) П.к. плита массивная и движется с постоянной скоростью  $U$ , то её можно считать ИСО.

2) П.к. плита массивная, то в СО плиты, шарик, ударившись о плиту отскочит с той же скоростью (по модулю)  $v_{отн}$  в другую сторону  
 $\Rightarrow v_{отн,y} = -v_{отн,y}$  (По Закону сохранения импульса)

3)  $\Rightarrow$  по Зак. слог. скоростей:  $V_{1,y} = v_{отн,y} + U_y$

$$v_{отн,y} = -V_1 \cdot \cos \alpha - U$$

После отскока по ЗСС:  $v_{отн,y} = V_2 \cdot \cos \beta - U$

$$\Rightarrow V_2 \cdot \cos \beta - U = V_1 \cdot \cos \alpha + U; \quad V_2 \cdot \cos \beta = V_1 \cdot \cos \alpha + 2U$$

~~$$V_2 \cdot \cos \beta = V_1 \cdot \cos \alpha + 2U$$~~

$$2U = V_2 \cdot \cos \beta - V_1 \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

~~$$\sin \alpha = \frac{V_1 \cdot \cos \alpha + 2U}{V_2}$$~~

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

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \sqrt{\frac{8}{9}} = \frac{\sqrt{8}}{3}$$

4) П.к. плита гладкая, то  $V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = \frac{3}{2} V_1 = \frac{3}{2} \cdot 12 \frac{м}{с} = 18 \frac{м}{с}$$

Тогда из (1):  $U_1 = \frac{1}{2} (V_2 \cdot \cos \beta - V_1 \cdot \cos \alpha)$

$$U_1 = \frac{1}{2} (V_2 \cdot \frac{\sqrt{8}}{3} - V_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})$$

$$U = \frac{1}{2} \left( 18 \frac{\mu}{c} \cdot \frac{\sqrt{8}}{3} - 12 \frac{\mu}{c} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{1}{2} \cdot (6\sqrt{8} - 6\sqrt{3}) \frac{\mu}{c} = 3(\sqrt{8} - \sqrt{3}) \frac{\mu}{c} =$$

$$= 3 \cdot (2\sqrt{2} - \sqrt{3}) \frac{\mu}{c} \approx 3 \cdot (2,8 - 1,7) \frac{\mu}{c} \approx 3,3 \frac{\mu}{c} = U_1,$$

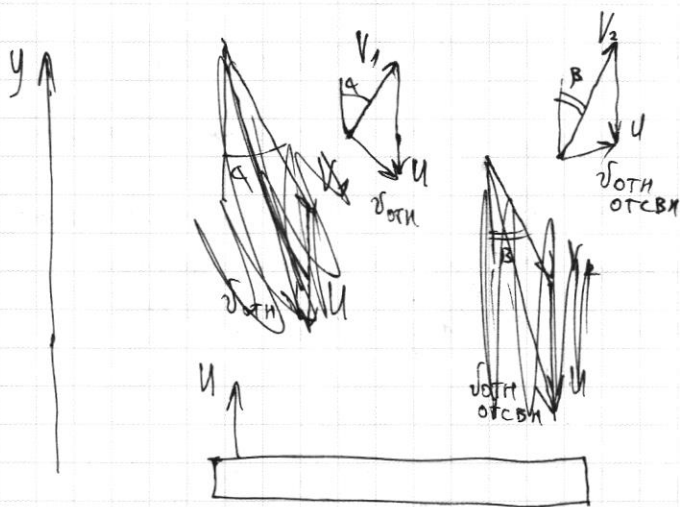
(для случая, когда шарик ~~отталкивается~~ <sup>движется вниз</sup> вверх.)

б) Рассмотрим случай, когда шарик ~~подается~~ <sup>движется</sup> ~~вниз~~ <sup>вверх</sup> в со земли:

По ЗСИ в со земли:

$$\dot{\sigma}_{отн, y} = -\dot{\sigma}_{отн, отсвн, y}$$

в со земли:



Тогда по ЗСС:

$$\begin{cases} \dot{\sigma}_{отн, y} = \dot{\sigma} V_1 \cdot \cos \alpha - U \\ \dot{\sigma}_{отн, отсвн, y} = \dot{\sigma} V_2 \cdot \cos \beta - U \end{cases}$$

$$\Rightarrow -V_1 \cdot \cos \alpha + U = V_2 \cdot \cos \beta - U; \quad \cancel{V_1 \cdot \cos \alpha + 2U = -V_2 \cdot \cos \beta}$$

$$\cancel{2U = -V_2 \cdot \cos \beta - V_1 \cdot \cos \alpha} \quad 2U = V_2 \cdot \cos \beta + V_1 \cdot \cos \alpha$$

$$U_2 = \frac{1}{2} (V_2 \cdot \cos \beta + V_1 \cdot \cos \alpha)$$

$$U = \frac{1}{2} \left( 18 \frac{\mu}{c} \cdot \frac{\sqrt{8}}{3} + 12 \frac{\mu}{c} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{1}{2} (6\sqrt{8} + 6\sqrt{3}) \frac{\mu}{c} =$$

$$= 3(\sqrt{8} + \sqrt{3}) \frac{\mu}{c} = U_2$$

$$U_1 = \frac{1}{2} (V_2 \cdot \cos \beta - V_1 \cdot \cos \alpha)$$

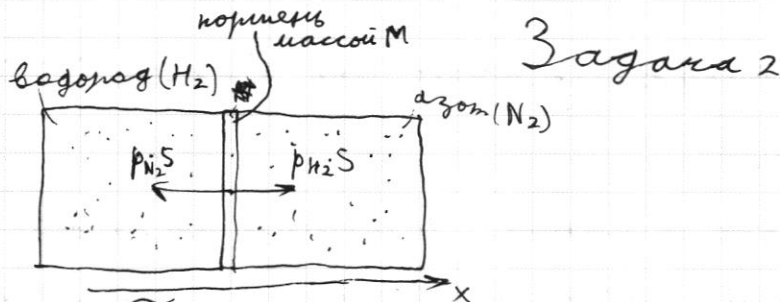
Ответ: 1)  $V_2 = \frac{V_1 \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = 12 \frac{\mu}{c}$

2)  $U_1 = 3(2\sqrt{2} - \sqrt{3}) \frac{\mu}{c} \approx 3,3 \frac{\mu}{c}$

$$U_2 = 3(2\sqrt{2} + \sqrt{3}) \frac{\mu}{c} \approx 13,5 \frac{\mu}{c}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} (V_2 \cdot \cos \beta + V_1 \cdot \cos \alpha)$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) П.к. поршень движется влево, значит у него нет ускорения, тогда по 2 з. Н. для поршня в любой момент времени:

$$x: -p_{N_2} \cdot S + p_{H_2} \cdot S = M \cdot 0 \Rightarrow p_{N_2} \cdot S = p_{H_2} \cdot S$$

~~$\Rightarrow p_{N_2} = p_{H_2} = p(t)$~~  верно в любой момент времени. (1)  
 $\Rightarrow p_{N_2}(t) = p_{H_2}(t) = p(t)$

2) по уравнению Менделеева - Клапейрона для начального момента времени:

$$\begin{cases} p_{N_2} \cdot V_{N_2 0} = \nu R \cdot T_2, \\ p_{H_2 0} \cdot V_{H_2 0} = \nu R \cdot T_1, \end{cases} \quad \begin{cases} p_0 \cdot V_{N_2 0} = \nu R T_2 \\ p_0 \cdot V_{H_2 0} = \nu R T_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_{N_2 0}}{V_{H_2 0}} = \frac{T_2}{T_1},$$

где  $V_{N_2 0}$  и  $V_{H_2 0}$  - начальные объёмы азота и водорода соответственно.  ~~$\Rightarrow \frac{V_{N_2 0}}{V_{H_2 0}}$~~

$$\frac{V_{N_2 0}}{V_{H_2 0}} = \frac{350}{350} = \frac{55}{35} = \frac{5 \cdot 11}{5 \cdot 7} = \frac{11}{7}$$

3)  $V_{H_2 0} + V_{N_2 0} = V = \text{const}$ , где  $V$  - объём всего сосуда

4) по уравнению Менделеева - Клапейрона, для момента, когда температуры газов сравнялись:

$$\begin{cases} p_{N_2 k} \cdot V_{N_2 k} = \nu R \cdot T \\ p_{H_2 k} \cdot V_{H_2 k} = \nu R T \end{cases} \Rightarrow \frac{p_{N_2 k} \cdot V_{N_2 k}}{p_{H_2 k} \cdot V_{H_2 k}} = 1$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Продолжение задачи 2

$$Q_{\text{радиц. H}_2} = \frac{7}{2} \cdot \frac{6}{7} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж} \cdot \text{моль}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot 100 \text{ K} = 3 \cdot 831 \text{ Дж} =$$
$$= 2493 \text{ Дж}$$

Ответ: 1)  $\frac{V_{\text{N}_2\text{O}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{11}{7}$ ; 2)  $T = 450 \text{ K}$

~~3) Ответ:~~ 3) Азот передан водороду ~~в количестве~~  
кол-во теплоты  $Q_{\text{радиц. H}_2} = 2493 \text{ Дж}$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

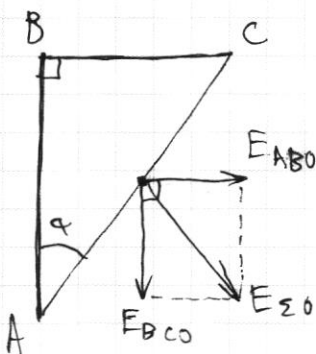
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача 3

1) П.к. пластины бесконечные, то они создают однородное электростатическое поле,

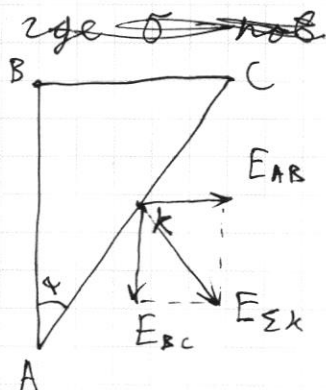
$$\text{значит } E_{BCO} = \frac{\sigma_0}{2\epsilon_0}, \quad E_{ABO} = \frac{\sigma_0}{2\epsilon_0}, \quad \text{где}$$

$\sigma_0$  - поверхностная плотность заряда пластины.



2) Тогда  $E_{BCO} = E_{ABO} = E_0$ , по th. Пифагора  
и принципу суперпозиции:  $E_{\Sigma 0}^2 = E_{ABO}^2 + E_{BCO}^2 = 2E_0^2$ ;  
 $E_{\Sigma 0} = \sqrt{2} \cdot E_0$ , т.е. ~~на~~ напряжённость электри-  
ческого поля в точке K увеличится в  $\sqrt{2}$  раз

$$3) \text{ из н. 1: } E_{AB} = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}; \quad E_{BC} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} = \frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$$





по принципу суперпозиции и th. Пифагора:

$$E_{\Sigma k}^2 = E_{AB}^2 + E_{BC}^2; \quad E_{\Sigma k} = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2}$$

$$E_{\Sigma k} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{9\sigma^2}{4\epsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{10\sigma^2}{4\epsilon_0^2}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{10} = \frac{\sqrt{10}\sigma}{2\epsilon_0}$$

Ответ: 1) увеличится в  $\sqrt{2}$  раз

$$2) E_{\Sigma k} = \frac{\sqrt{10}\sigma}{2\epsilon_0}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача 4

1) Когда ток в цепи течёт по часовой стрелке, конденсатор закрыт и ток течёт только через конденсатор и катушки  $L_1$  и  $L_2$ , в таком случае период колебаний тока в  $L_1$  равен

$$T_1 = 2\pi \sqrt{C \cdot (L_1 + L_2)} = 2\pi \sqrt{C \cdot 7L} \quad (\text{по формуле Томсона}) \quad (1)$$

2) Когда ток течёт против часовой стрелки, конденсатор открыт и ~~ток~~ т.к. дуга идеальный, то ток через катушку  $L_1$  не измеряется (равен 0),

в этом случае период колебаний тока ~~равен~~ равен  $T_2 = 2\pi \sqrt{C \cdot L_2} = 2\pi \sqrt{C \cdot 3L} \quad (2)$  (по ф. Томсона)

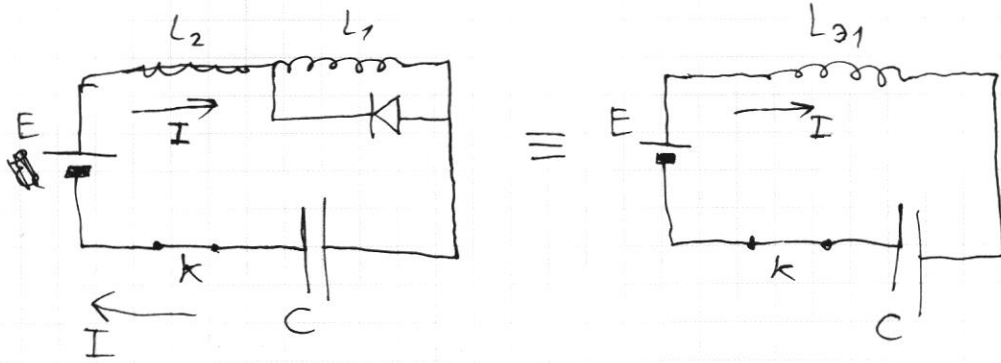
3) Выходит, что период колебаний тока в  $L_1$  равен  $T = \frac{1}{2}(T_1 + T_2) = \frac{1}{2}(2\pi(\sqrt{7CL} + \sqrt{3CL})) =$

$$= \pi\sqrt{CL}(\sqrt{3} + \sqrt{7}) \quad (3)$$

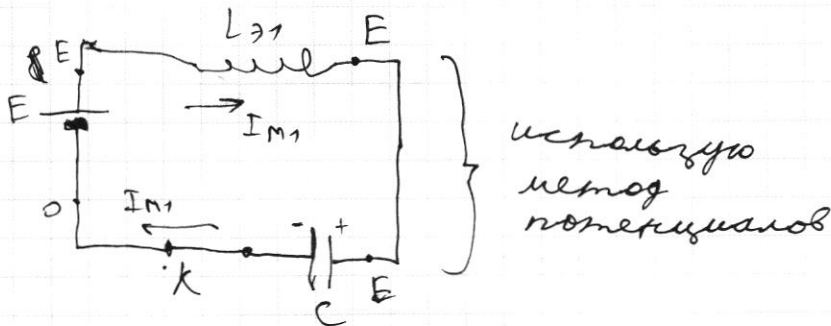
4) Из п. 2. <sup>и п. 1</sup> следует, что ток, текущий через катушку  $L_1$  максимален, когда он течёт по часовой стрелке, а в катушке  $L_2$ , ~~когда он течёт~~ ~~то~~ ток максимален, когда он течёт по часовой стрелке.

5) <sup>вначале</sup> т.к. ключ <sup>вначале</sup> разомкнут, ~~вначале~~ то изначально в катушках не было тока, а значит мы ~~в~~ вправе рассмотреть две цепи, для двух

состояний диода, которые эквивалентны исходной:



Когда ток течёт по часовой стрелке  $L_1$  и  $L_2$  соединены последовательно  $\Rightarrow L_{31} = L_1 + L_2 = 7L$ ,  
 значит, когда в катушке  $L_1$  ток максимален и равен  $I_{M1}$ , то и в  $L_{31}$  ток максимален и равен  $I_{M1}$ ,  
 значит напряжение на катушке  $L_{31}$   $U_{31}$  равно  
 $U_{31} = L_{31} \cdot I'_{31}$ , и когда через неё течёт ток  $I_{M1}$   $U_{31M1} = L_{31} \cdot I'_{M1} = 0 \Rightarrow$  напряжение на конденсаторе в этот момент равно  $E$ .



тогда по ЗСЭ:  $E \cdot q_1 = \theta_1 + \frac{L_{31} I_{M1}^2}{2} + \frac{C E^2}{2} + A_{др}$

$\theta_1 = 0$  (резисторов нет),  $q_1 = CE - 0 = CE$

$\Rightarrow CE^2 = \frac{L_{31} I_{M1}^2}{2} + \frac{CE^2}{2}$ ;  $\frac{CE^2}{2} = \frac{L_{31} I_{M1}^2}{2}$ ;

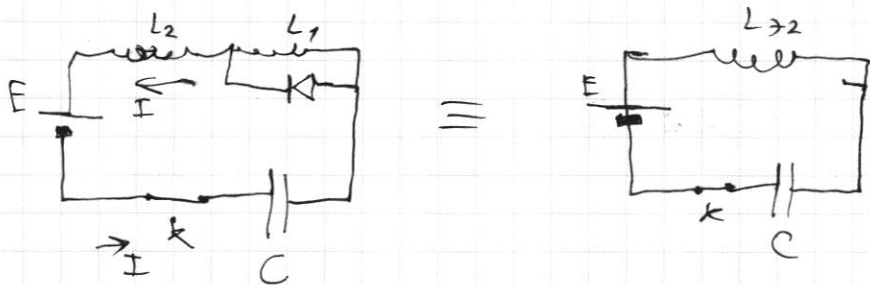
$I_{M1}^2 = \frac{C}{L_{31}} \cdot E^2 = \frac{C}{7L} \cdot E^2$ ;  $I_{M1} = \sqrt{\frac{C}{7L}} \cdot E$

$A_{др} = 0$  (т.к. диод идеальный)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

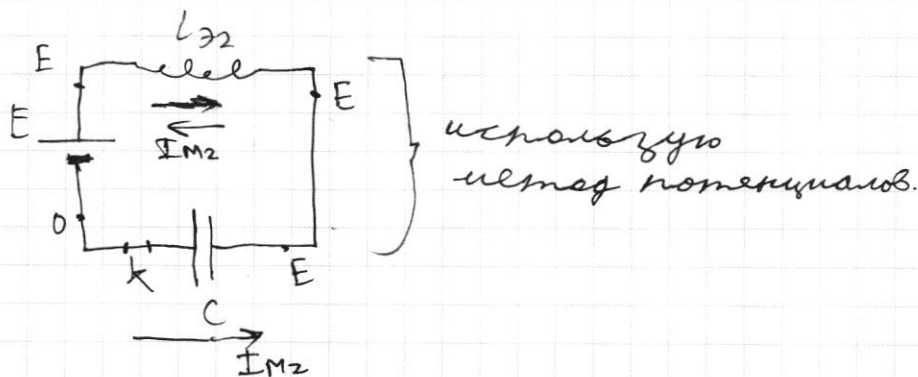
Продолжение задачи 4

б) рассмотрим эквивалентную цепь для случая, когда ток течёт против часовой стрелки.



П.к. ток через  $L_1$  в таком случае не течёт,  
то  $L_{32} = L_2 = 3L$

⇒ когда ток через кат.  $L_2$  максимален,  
ток через  $L_{32}$  тоже максимален и равен  $I_{M2}$



$$\Rightarrow U_{32} = L_{32} \cdot I'_{M2} = 0$$

$$\text{тогда по ЗСЭ: } E \cdot q_2 = Q_2 + \frac{L_{32} \cdot I_{M2}^2}{2} + \frac{CE^2}{2} + A_{D2}$$

$$q_2 = CE - 0 = CE, \quad Q_2 = 0; \quad A_{D2} = 0 \text{ (по аналогии с п.5)}$$

$$\Rightarrow CE^2 - \frac{CE^2}{2} = \frac{L_{32} \cdot I_{M2}^2}{2}; \quad \frac{CE^2}{2} = \frac{L_{32} \cdot I_{M2}^2}{2};$$

$$I_{M2}^2 = \frac{C}{L_{32}} \cdot E^2 = \frac{C}{3L} \cdot E^2; \quad I_{M2} = \sqrt{\frac{C}{3L}} E$$

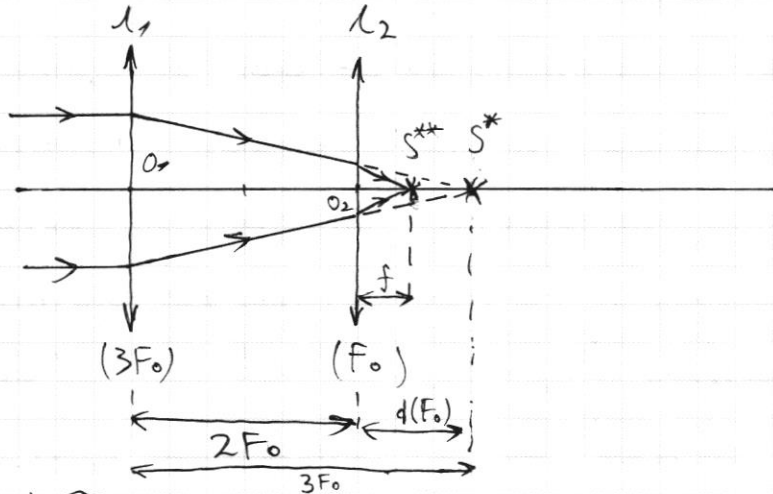
Ответ к задаче 4: 1)  $T = \pi \sqrt{CL} (\sqrt{7} + \sqrt{3})$

2)  $I_{M1} = \sqrt{\frac{C}{7L}} E$

3)  $I_{M2} = \sqrt{\frac{C}{3L}} E$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача 5



1) П.к. на линзу  $L_1$  падает параллельный пучок света, то в отсутствие линзы  $L_2$ , он бы весь собрался на фокусном расстоянии линзы  $L_1$  от  $L_1$ , т.е. на  $3F_0$  от  $L_1$ .

2) Мысленно поместим точечный источник света  $S^*$  на расстоянии  $3F_0$  от плоскости линзы  $L_1$ , тогда  $S^*$  - мнимый предмет для  $L_2$ , т.к. на неё падает сходящийся пучок лучей.

Тогда по формуле тонкой линзы:

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

$$\Rightarrow f = \frac{F_0}{2}$$

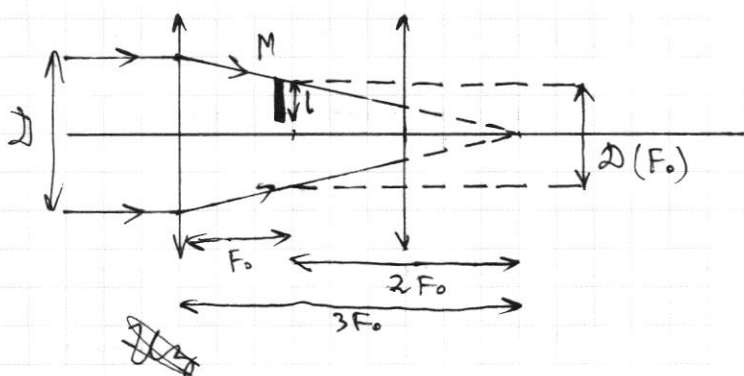
3)  $S^{**}$  - ~~н~~ действительное изображение мнимого предмета  $S^*$  в тонкой линзе  $L_2$ .

Т.е.  $S^{**}$  - действительное и.

Т.е.  $S^{**}$  - точка, в которой фокусируется весь параллельный пучок света ( $S^{**}$  - изображение в системе)

Значит, фотодетектор  $D$  расположен на расстоянии  $f$  от линзы  $L_2$ .  $f = \frac{F_0}{2}$

4) Так сила тока пропорциональна мощности падающего на него света, а мощность пропорциональна ~~паде~~ попадающему на фотодетектор свету, то ширь  $M$  в промежутке времени от  $\tau_0$  до  $t_1$  занимает  $(I_0 - I_1 = (\frac{9}{9} - \frac{5}{9}) I_0 = \frac{4}{9} I_0)$   $\frac{4}{9}$  площади светового пучка на расстоянии  $F_0$  от  $L_1$ .



Из подобия:  $D(F_0) = \frac{2}{3} D$

$$\Rightarrow \frac{\pi l^2}{4} = \frac{4\pi D^2(F_0)}{9 \cdot 4} \Rightarrow l^2 = \frac{4}{9} D^2(F_0) = \frac{4}{9} \cdot \frac{4}{9} D^2 = \frac{16}{81} D^2$$

$$\Rightarrow l = \frac{4}{9} D$$

$\Rightarrow$  за время  $\tau_0$  ширь ~~была полностью~~ перекрывала световой поток всей площадью своей поверхности.  $\Rightarrow V = \frac{l}{\tau_0} = \frac{\frac{4}{9} D}{\tau_0} = \frac{4D}{9\tau_0}$

5) за время  $t_1 - \tau_0$  ~~ширина~~ темная точка ширине  $l$  проходит путь равный  $\frac{2}{3} D$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Продолжение задачи 5

$$\Rightarrow V = \frac{\frac{2}{3}D}{t_1 - \tau_0}; \quad t_1 - \tau_0 = \frac{\frac{2}{3}D}{V} = \frac{\frac{2}{3}D}{\frac{4D}{9\tau_0}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{9}{4} \tau_0 = \frac{3}{2} \tau_0$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{3}{2} \tau_0 + \tau_0 = \frac{5}{2} \tau_0$$

Ответ: 1)  $f = \frac{F_0}{2}$ ; 2)  $V = \frac{4D}{9\tau_0}$ ; 3)  $t_1 = \frac{5}{2} \tau_0$





черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

$$Q = \Delta U + A_{\text{возд}}$$

~~$$U_{N20} + U_{H20} = U_{N2k} + U_{H2k}$$~~

~~$$Q_{отвH2} = \Delta U_{H2} + A_{H2}$$~~

~~$$Q_{отвN2} = \Delta U_{N2} + A_{N2}$$~~

$$pV = \nu RT; \quad p = \frac{\nu R}{V} \cdot T$$

$$Q_{отвN2} = -Q_{отвH2}$$

$$A_{N2} = -A_{H2}$$

$$P = \frac{k}{S}$$

$$P_0 = \frac{4k}{\pi D^2}$$

$$P(F_0) = \frac{4k}{\pi \left(\frac{2}{3}D\right)^2} = \frac{4k \cdot 9}{\pi \cdot 4D^2}$$

Отсюда находим  $\frac{4}{9}$  массы, т.е.  $\frac{4 \cdot \frac{2}{3}D}{2+2} = \frac{8}{2+2}$

$$\frac{\pi l^2}{4} = \frac{4}{9} \frac{\pi D^2}{4} \quad l = \frac{4}{3}D$$

$$\frac{2}{3}D - l = \frac{2}{3}D - \frac{4}{3}D = -\frac{2}{3}D$$

$$Q_v = c_v \cdot \Delta T$$

$$pV_1 = \nu RT_1$$

$$pV_2 = \nu RT_2$$

$$\frac{\nu RT_1}{V_1} = \frac{\nu RT_2}{V_2} \Rightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2}$$

$$T_1 = \frac{V - V_2}{V_2} T_2 = \left(\frac{V}{V_2} - 1\right) T_2$$

$$pV_1 = \nu R \left(\frac{V}{V_2} - 1\right) T_2 = \cancel{\frac{\nu R V}{V_2}} pV_2 \left(\frac{V}{V_2} - 1\right)$$

$$pV_1 + pV_2 = pV$$

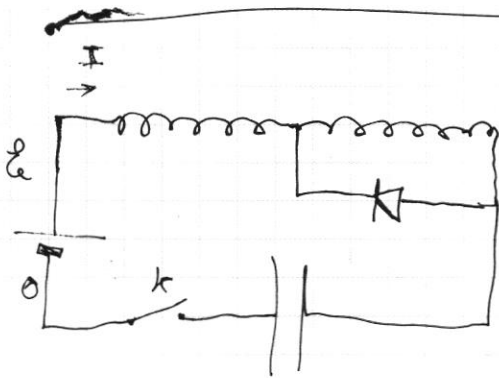
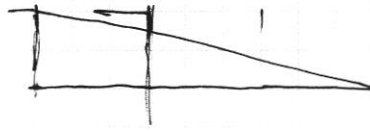
$$p \Delta V_1 + p \Delta V_2 = p \Delta V = 0 \Rightarrow p \Delta V_1 = -p \Delta V_2$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

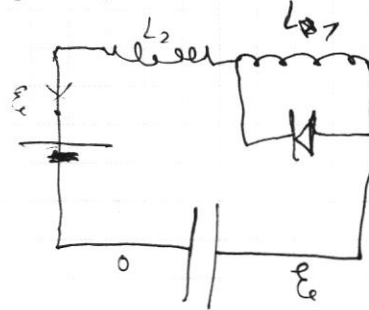
$$P = \frac{M}{S} \quad I = k P$$

$$P(f_0) = M$$

$$P_0 = \frac{M}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4M}{\pi D^2}$$



учет. резистив:



$$-V_2 \cdot \cos \beta = V_1 \cdot \cos \alpha + 2U$$

$$-V_2 \cdot \cos \beta - U = V_1 \cdot \cos \alpha + U;$$

$$-V_2 \cdot \cos \beta = V_1 \cdot \cos \alpha + 2U;$$

$$2U = -V_2 \cdot \cos \beta$$

$$\sum_{отс}^{отн, y} = V_2 \cdot \cos \beta - U$$



$$V_1 \cdot \cos \alpha - U = -V_2 \cdot \cos \beta + U$$

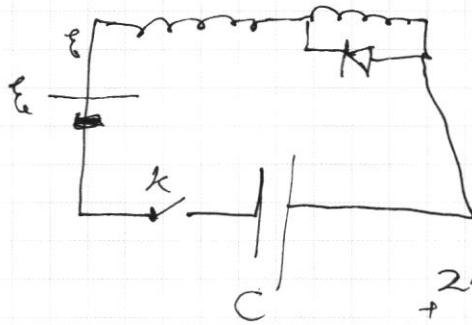
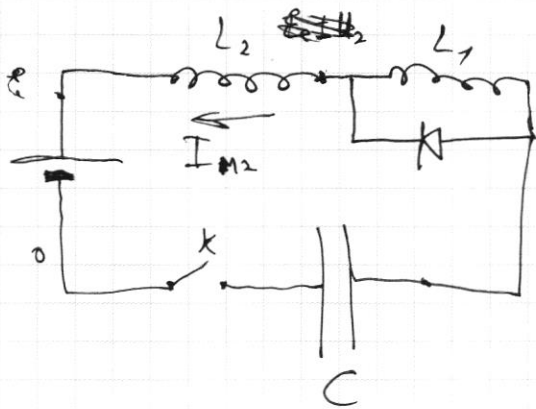
$$2U =$$

$$V_1 \cdot \cos \alpha - U = -V_2 \cdot \cos \beta + U;$$

$$2U = V_1 \cdot \cos \alpha - V_2 \cdot \cos \beta$$

$$U =$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{array}{r} 2400 \\ + 3 \\ + 90 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{(L_1 + L_2)C}$$

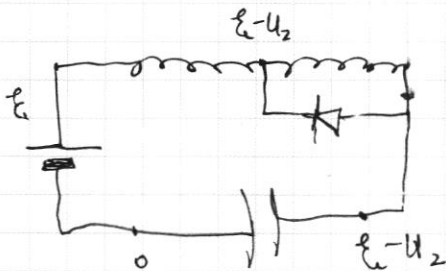
$$T_2 = 2\pi \sqrt{L_2 C}$$

$$T = \frac{T}{2}(T_1 + T_2)$$



$$U_1 = L_1 \cdot I_1' \quad U_1 = 0 \leftarrow I_{M1}$$

$$U_2 = L_2 \cdot I_2' \quad U_2 = 0 \leftarrow I_{M2}$$



$$I_{M1} = C U'$$

$$U_2 =$$

$$I_{M1} = C U'$$

$$\epsilon \cdot C (\epsilon - U_2) = \frac{L_2 I_{M2}^2}{2} + \frac{L_1 I_{M1}^2}{2} + \frac{C (\epsilon - U_2)^2}{2} - 0$$

$$P_{20} \cdot \frac{17}{18} V = URT_2$$

$$P_{2k} \cdot \frac{9}{18} V = URT$$

$$\frac{P_{2k}}{P_{20}} = \frac{9}{17} = \frac{450}{550}$$

