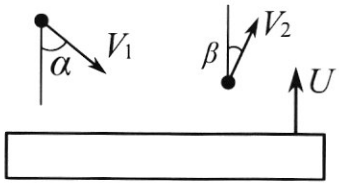
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

## Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)



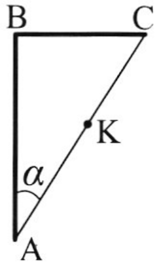

**1.** Массивная плита движется с постоянной скоростью $U$ вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1$ = 8 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{3}{4}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность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

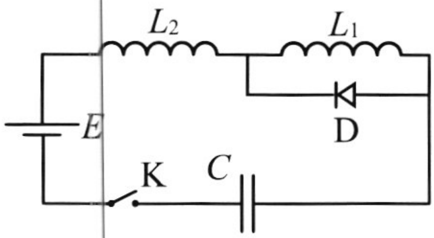
1) Найти отношение начальных объемов азота и кислорода.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?




**3.** Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.

1) Пластина BC заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC, если пластину AB тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

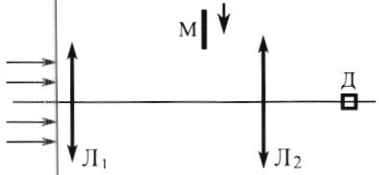
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

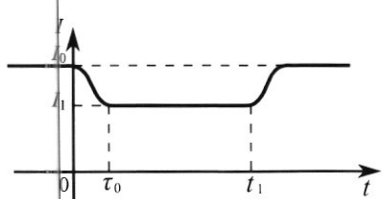



**4.** Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС $E$, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью $C$, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в $L_1$.

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 Л$_1$ и Л$_2$ (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 Л$_1$ 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 Л$_1$. 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 Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость $V$ движения мишени. 3) Определить $t_1$.

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

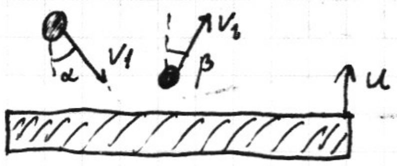
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1



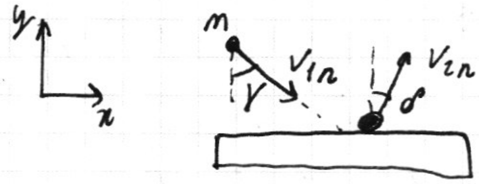

1) Пов-ть гладкая $\Rightarrow F_{\parallel \text{пов-ти}} = 0 \Rightarrow$

$p_{\text{шарика} \parallel \text{пов-ти } 1} = p_{\text{шарика} \parallel \text{пов-ти } 2} \Rightarrow$

$\Rightarrow m_{\text{шар.}} V_1 \sin\alpha = m_{\text{шар}} V_2 \sin\beta \Rightarrow$

$\Rightarrow V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta \Rightarrow \quad V_2 = V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12 \frac{м}{с}$

2) В СО плиты:




$\overline{p}_{\text{до удара}} = \{ mV_1 \sin\alpha ; -m(V_1 \cos\alpha + u) \}$

$\overline{p}_{\text{после удара}} = \{ mV_2 \sin\beta ; +m(V_2 \cos\beta - u) \}$

При абс. упругом ударе: $m(V_2 \cos\beta - u) = -(-m(V_1 \cos\alpha + u))$

(т.к. $M_{\text{плиты}} \to \infty$) $\Rightarrow V_2 \cos\beta - u = V_1 \cos\alpha + u \Rightarrow$

$\Rightarrow 2u = V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha \Rightarrow 2u = \left(12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 8 \cdot \frac{\sqrt{7}}{4}\right)\frac{м}{с} = \left(6\sqrt{3} - 2\sqrt{7}\right)\frac{м}{с}$

$\Rightarrow u = \left(3\sqrt{3} - \sqrt{7}\right)\frac{м}{с}$

При абс. неупругом ударе: $m(V_2 \cos\beta - u) = 0 \Rightarrow u = V_2 \cos\beta \Rightarrow$

$\Rightarrow u = 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{м}{с} \Rightarrow u = 6\sqrt{3} \frac{м}{с}$

При неупругом ударе $p_{\text{после удара } y}$ в СО плиты $= [0 ; -p_{\text{до удара } y}]$

$\Rightarrow 0 \le V_2 \cos\beta - u < V_1 \cos\alpha + u \Rightarrow \begin{cases} u \le V_2 \cos\beta \\ u > \dfrac{V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha}{2} \end{cases} \Rightarrow$

$\Rightarrow u = \left[ \left(3\sqrt{3} - \sqrt{7}\right)\frac{м}{с} ; 6\sqrt{3}\frac{м}{с} \right]$

Ответ: $12 \frac{м}{с}$ ; $u \in \left\{ \left(3\sqrt{3} - \sqrt{7}\right)\frac{м}{с} ; 6\sqrt{3}\frac{м}{с} \right\}$

$\Rightarrow T_{колеб} = \tau_{диод} + \tau_{L_1} = \pi\sqrt{C}\cdot\left(\sqrt{L_2} + \sqrt{L_1+L_2}\right)$

$I_{L_1 max} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$ $\quad I_{L_2 max} = \max\left(\mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}; \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_2}}\right)$

$\Rightarrow I_{L_2 max} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_2}}$ $\Rightarrow T = \pi\sqrt{CL}\,(1+\sqrt{3})$ $I_{м_1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$ $I_{м_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$

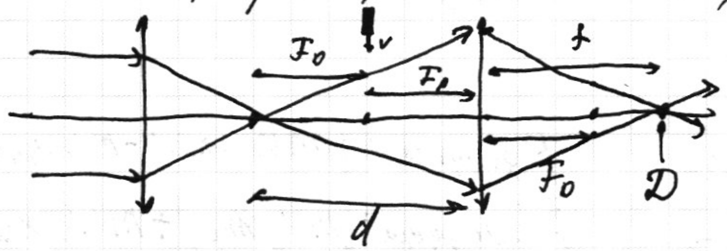
$\boxed{\text{Ответ: } T = \pi\sqrt{CL}\,(1+\sqrt{3});\ I_{м_1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}};\ I_{м_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}}$

~~Ответ:~~ $\cancel{T = \pi\sqrt{C}\left(\sqrt{L_2} + \sqrt{L_1+L_2}\right)}$; $I_{м_1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$

$I_{м_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

N5

1) Свет, прошедший обе линзы, фокус. на детекторе $\Rightarrow$



$\Rightarrow$ т.к. после первой линзы лучи перес в её фокусе,

для ф-лы тонкой линзы Л2 $d = 2F_0$; $f = R_{от Л2 до D}$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} \Leftrightarrow \frac{1}{2F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow f = 2F_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{R_{до D} = 2F_0}$

2) Через Л1 проходит пучок света диаметром $D$

Мишень диаметром $x$ пересекает „поток света" на расст. $F_0$ от его „источника" (точки, из которой выходят лучи), а расст от „источника" до Л2 вдвое больше $\Rightarrow$ диаметр пучка в месте, где его перес мишень $= \frac{D}{2}$ (мы рассм. только ту часть световых лучей, которые попадут на Л2, а диаметр их пучка в месте Л2 как раз $D$) $\Rightarrow$ затмевается $\frac{x^2}{(D/2)^2} = \frac{4x^2}{D^2}$ часть пучка $\Rightarrow$ Если у пучка диам $D$ интенс. равна $I_0$, то у нового $I_1 = I_0\left(1 - \frac{4x^2}{D^2}\right) = \frac{3}{4}I_0 \Rightarrow \frac{4x^2}{D^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow x = \frac{1}{4}D$

$\Rightarrow$ свой диаметр $\frac{D}{4}$ мишень пролетает за $\tau_0$ $\Rightarrow \boxed{v = \frac{D}{4\tau_0}}$

3) $(t_1 - \tau_0)\cdot v = \frac{D}{2} \Rightarrow t_1 - \tau_0 = 2\tau_0 \Rightarrow \boxed{t_1 = 3\tau_0}$ Ответ: $2F_0$; $\frac{D}{4\tau_0}$; $3\tau_0$

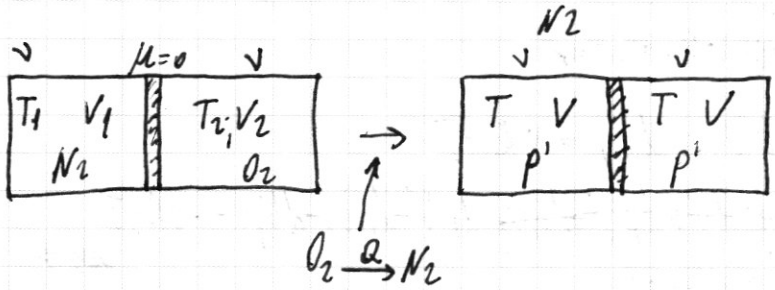
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА




Очевидно, что поршень с $\mu=0$ гарантирует, что $p_{N_2} = p_{O_2} = p$ в любой момент времени

1) $\begin{cases} pV_1 = \nu R T_1 \\ pV_2 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = 0,6 \Rightarrow V_1 = 0,6 V_2 \Rightarrow V_1 = \frac{0,6}{1,6} V_{сосуда}$

2) $\begin{cases} p'V = \nu R T \\ p'V = \nu R T \\ pV_1 = \nu R T_1 \\ V + V = V_{сосуда} \Rightarrow V = 0,5 V_{сосуда} \end{cases} \Rightarrow \frac{p'V}{pV_1} = \frac{T}{T_1} = \frac{p' \cdot \frac{0,8}{1,6} V_{сосуда}}{p \cdot \frac{0,6}{1,6} V_{сосуда}} = \frac{4}{3}\frac{p'}{p}$

$\Rightarrow \frac{T}{T_1} = \frac{4}{3}\frac{p'}{p}$

$U_{N_2\, до} + U_{O_2\, до} = U_{N_2\, после} + U_{O_2\, после}$ — сосуд теплоизолирован

$\Rightarrow \frac{5}{2}\nu R(T_1 + T_2) = \frac{5}{2}\nu R(T + T) = 5\nu R T \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400\,K$

3) $\Delta U_{N_2} = U_{N_2\, после} - U_{N_2\, до} = A_{внеш} + Q = A_{O_2} + Q$

$p_{in} V_{N_2} = \nu R T_{N_2}$

$p_{in} V_{O_2} = \nu R T_{O_2} \Rightarrow p_{in} = \nu R \cdot \frac{T_{O_2}}{V_{O_2}}$

$(p_{in} - dp)(V_{O_2} - dV) = \nu R (T_{O_2} - dT) \Rightarrow p_{in} V_{O_2} - p_{in} dV - dp V_{O_2} + dp\, dV = \nu R T_{O_2} - \nu R dT$

$p_{in} dV = \nu R dT - dp V_{O_2} = dA$

$$\begin{cases} pV_1 = \nu RT_1 \\ p(V-V_1) = \nu RT_2 \\ (p+dp)(V_1+dV) = \nu R(T_1+dT) \\ (p+dp)(V-V_1-dV) = \nu R(T_2-dT) \end{cases} \Rightarrow$$

$|dT_1|=|dT_2| - U_{N_2}+U_{O_2}=const$

$$\Rightarrow \cancel{pdV = \nu RdT} \quad \begin{cases} dpV_1 + dVp = \nu RdT \\ \cancel{-pdV+dpV-dpV_1}\ dpV-dpV_1-dVp = -\nu RdT \\ pV_1 = \nu RT_1 \\ p(V-V_1) = \nu RT_2 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} dp\cdot V_1 + dV\cdot p = \nu RdT \\ dT = \frac{1}{\nu R}(dp\cdot V_1 + dV\cdot p - dp\cdot V) \\ pV_1 = \nu RT_1 \\ p(V-V_1) = \nu RT_2 \end{cases} \Rightarrow dp\cdot V_1 + dV\cdot p = dp\cdot V_1 + dV\cdot p - dp\cdot V$$

$p_1 = p_2 \quad \nu_1 = \nu_2 \Rightarrow V_1 = V\cdot\frac{T_1}{T_1+T_2} \quad V_2 = V\cdot\frac{T_2}{T_1+T_2}$

$pV_1 = \nu RT_1 \Rightarrow p = \frac{\nu RT_1}{V_1} = \frac{\nu R(T_1+T_2)}{V} = const$

$\left(\frac{5}{2}\nu RT_1 + \frac{5}{2}\nu RT_2 = U_{общ} = const\right) \Rightarrow$ изобарный процесс

$\Rightarrow Q = \Delta U_{N_2} - A_{внеш} = \Delta U_{N_2} + A_{N_2} = \frac{5}{2}p\left(\underbrace{V_{сосуда}\cdot 0{,}5 - \frac{0{,}6}{1{,}6}V_{сосуда}}_{\Delta V}\right) +$

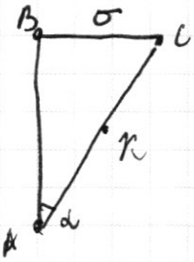
$+ p\cdot\left(\underbrace{V_{сосуда}\cdot 0{,}5 - \frac{0{,}6}{1{,}6}V_{сосуда}}_{\Delta V}\right) = \frac{7}{2}p\Delta V = \frac{7}{2}\nu R\Delta T =$

$= \frac{7}{2}\nu R(T-T_1) = \frac{7}{2}\cdot\frac{3}{7}\cdot 8{,}31\cdot 100$ Дж $= 150\cdot 8{,}31$ Дж $= 1246{,}5$ Дж

Ответ: 0,6; 400 K; 1246,5 Дж

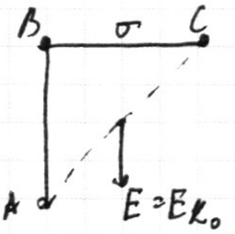
# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

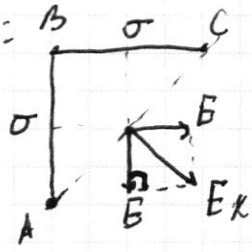



1) Если $\alpha = \frac{\pi}{4}$, то $AB = BC$ ($\angle B = \frac{\pi}{2}$) =>

До заряда AB:



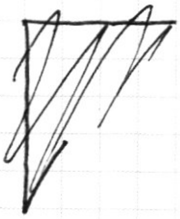

После:

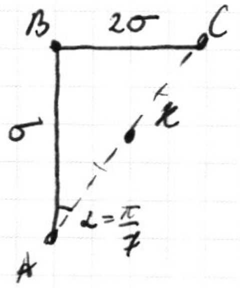



Очевидно, что до заряда AB $E_{K_0} = E$, а после $E_{K_1} = \sqrt{2}E$ (поле от AB такое же, как и от BC — задача симметрична)

=> $\frac{E_{K_1}}{E_{K_0}} = \sqrt{2}$

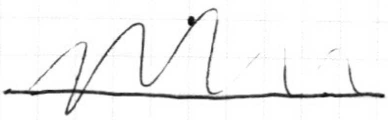
2)

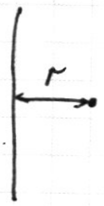





Посчитаем поле от 1 пластины с поверхн. плотностью заряда $\delta$ на средней линии:

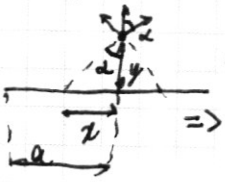
Для этого посчитаем поле бесконечной равном. заряж. нити с плотностью $\rho = \delta\, dx$:






По теореме Гаусса поток через соосный цилиндр радиуса r и выс. H $\Phi = \frac{\rho H}{\varepsilon_0} = 2\pi r \cdot H \cdot E(r)$ =>

=> $E(r) = \frac{\rho}{2\pi\varepsilon_0 r}$. Поле от пластины — векторная сумма полей заряж. нитей на расстояниях от $y$ (высота точки над пластиной) до $\sqrt{y^2+x^2}$ (где $x$ — половина ширины пластины)




Из-за симметрии все ~~[illegible]~~ неперпенд. пластине комп. сокращаются

=> $E(y) = \sum dE \cdot \cos\alpha = \sum dE \cdot \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} = \sum \frac{\rho}{2\pi\varepsilon_0\sqrt{x^2+y^2}} \cdot \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} =$

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \int_{-a}^{a} \frac{\delta dx \cdot y}{2\pi\varepsilon_0 (x^2+y^2)} = \int_{-a}^{a} \frac{\delta}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{y dx}{x^2+y^2} = \cancel{\int \frac{\delta}{4\pi\varepsilon_0} \frac{d(x^2)}{x^2+y^2}}$$

$$\cancel{= \frac{\delta}{4\pi\varepsilon_0} \int_{-a}^{a} \frac{d(x^2+y^2)}{x^2+y^2} = \frac{\delta}{4\pi\varepsilon_0} \ln\left(a^2+y^2\right.}$$

$$= \frac{\delta y}{2\pi\varepsilon_0} \int_{-a}^{a} \frac{dx}{x^2+y^2} = \frac{\delta y}{2\pi\varepsilon_0 y^2} \int_{-a}^{a} \frac{dx}{\left(\frac{x}{y}\right)^2+1} = \frac{\delta y^2}{2\pi\varepsilon_0 y^2} \int_{-a}^{a} \frac{d\left(\frac{x}{y}\right)}{\left(\frac{x}{y}\right)^2+1} =$$

$$= \frac{\delta}{2\pi\varepsilon_0} \int_{-a}^{a} \frac{d\left(\frac{x}{y}\right)}{\left(\frac{x}{y}\right)^2+1} = \frac{\delta}{2\pi\varepsilon_0} \left(\operatorname{arctg}\left(\frac{a}{y}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{-a}{y}\right)\right) = \frac{\delta}{\pi\varepsilon_0} \operatorname{arctg}\left(\frac{a}{y}\right)$$

$$\Rightarrow E_{пласт}(y) = \frac{\delta}{\pi\varepsilon_0} \operatorname{arctg}\left(\frac{a}{y}\right)$$

Для $BC$: $\delta = 2\sigma$, $\frac{a}{y} = \frac{AC \sin\alpha \cdot \frac{1}{2}}{AC \cos\alpha \cdot \frac{1}{2}} = \operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\frac{\pi}{7}$

$$\Rightarrow E_{пласт\,BC} = \frac{2\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \operatorname{arctg}\left(\operatorname{tg}\frac{\pi}{7}\right) = \frac{2\sigma}{7\varepsilon_0}$$

Для пластины $AB$: $\delta = \sigma$ $\frac{a}{y} = \frac{AC\cos\alpha \cdot \frac{1}{2}}{AC\sin\alpha \cdot \frac{1}{2}} = \operatorname{ctg}\alpha = \operatorname{ctg}\frac{\pi}{7}$

$$\Rightarrow E_{пласт\,AB} = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0} \operatorname{arctg}\left(\operatorname{ctg}\frac{\pi}{7}\right) = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arcctg}\left(\operatorname{ctg}\frac{\pi}{7}\right)\right) =$$

$$= \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{5\pi}{14} = \frac{5\sigma}{14\varepsilon_0}$$

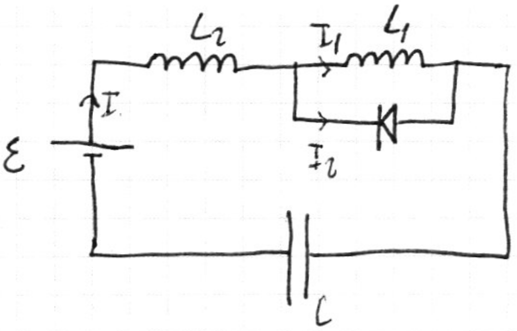
$$\overline{E}_{пласт\,AB} \perp \overline{E}_{пласт\,BC} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\left(\frac{5}{14}\right)^2 + \left(\frac{2}{7}\right)^2} =$$

$$= \frac{\sigma}{14\varepsilon_0} \cdot \sqrt{25+16} = \frac{\sqrt{41}\,\sigma}{14\,\varepsilon_0}$$

Ответ: $\sqrt{2}$; $\frac{\sqrt{41}}{14}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4




1) Диод открыт:

$I_2 \neq 0$ $(I_2 < 0)$ ; $U_{L_1} = 0$

$\mathcal{E} - \frac{dI}{dt} L_2 - \frac{q_C}{C} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \mathcal{E} - \ddot{q}_C L_2 - \frac{q_C}{C} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow (q_C - C\mathcal{E}) + \ddot{q}_C L_2 C = 0 \Rightarrow (q_C - C\mathcal{E}) = A\sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \varphi_0\right)$

~~Когда~~ При открытом диоде $I_2 = I \Rightarrow$ т.к. $I_2 < 0$, то $I < 0 \Rightarrow$ заряд стекает с конденс. $\Rightarrow$

если $t=0$ соотв. открытию диода, то $q_C(0) = A + C\mathcal{E}$

$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$. $\Rightarrow q_C = C\mathcal{E} + A\cos\left(\frac{t}{\sqrt{L_2C}}\right)$ $I_C = -\frac{A}{\sqrt{L_2C}}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{L_2C}}\right)$ - max при $\cos = 0$

$\cancel{З.С.Э.: \Delta\left(\frac{q_C^2}{2C} + \frac{\dot{q}_C^2 L}{2}\right) = A_{ист} = \mathcal{E}\Delta q_C}$

$\cancel{\Rightarrow \frac{(C\mathcal{E}+A)^2}{2C} + 0 - \frac{C^2\mathcal{E}^2}{2C} + \frac{\frac{A^2}{LC}\cdot L}{2} = -\mathcal{E}\cdot A}$

$\cancel{\Rightarrow \frac{\mathcal{E}^2 C}{2} + \frac{A^2}{2C} + A\mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}^2 C}{2} + \frac{A^2}{2C}}$

$A = C\mathcal{E}$ $\left((q_C \underbrace{- C\mathcal{E}}_{\text{сдвиг полож равновесия}}) = [0; C\mathcal{E}]\right) \Rightarrow q_C = C\mathcal{E}\left(1 + \cos\left(\frac{t}{\sqrt{L_2C}}\right)\right)$

$\Rightarrow I_C(t) = -C\mathcal{E}\cdot\frac{1}{\sqrt{CL_2}}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{L_2C}}\right) = -\mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_2}}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{L_2C}}\right)$

$\Rightarrow I < 0$ на протяжении $\tau_{диод} = \frac{2\pi\sqrt{L_2C}}{2} = \pi\sqrt{L_2C}$

2) Диод закрыт:

$I_2 = 0$, $I_1 > 0$ ; $I_1 = I \Rightarrow$ $\mathcal{E} - \frac{dI}{dt}(L_1 + L_2) - \frac{q_C}{C} = 0$ - ур-ие как в 1), но вместо $L_2$ $L_1 + L_2 \Rightarrow$ $q_C = C\mathcal{E} + \cancel{C\mathcal{E}}\cos\left(\frac{t}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}\right)$ (при $\sin(\cdot) < 0$)

$I = -\cancel{C\mathcal{E}}\cdot\frac{1}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}\right)$ - больше нуля на протяж $\tau_{L_1} = \pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$