Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

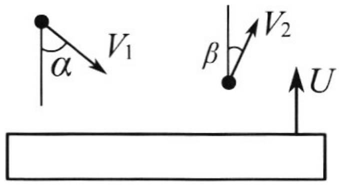
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 6 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{3}\right)$ с вертикалью.



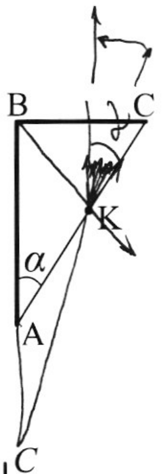
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия T_1 = 330 К, а неона T_2 = 440 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 гелия и неона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

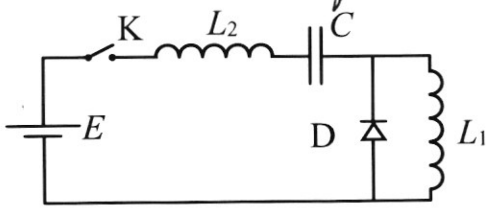
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

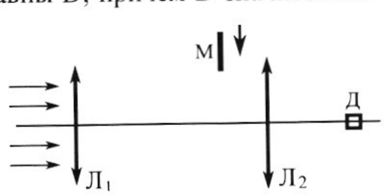
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

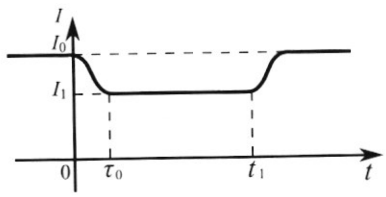
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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 Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1{,}5F_0$. 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 $5F_0/4$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.





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, τ_0.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

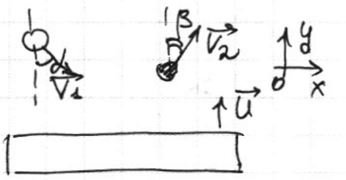
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1



① 1) Перейдём в СО массивной плиты.

2) Т.к. $\vec{U} \perp OX \Rightarrow$

$\Rightarrow$ P_{1x} и P_{2x} (проекции импульсов шара до и после столкновения) будут такими же, как в СО земли.

3) $p_{1x} = mV_1 \sin\alpha$

$p_{2x} = mV_2 \sin\beta.$

Т.к. по оси OX в момент столкновения не действуют внешн. силы:

$\boxed{\Delta p_x = 0} \Rightarrow \cancel{m}V_1 \sin\alpha = \cancel{m}V_2 \sin\beta$
З.С.И.

$V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 2V_1 = 12$ м/с

② 1) Перейдём в СО плиты.

2) Пусть V_1', V_2' – относительные скорости шара в СО плиты до и после удара.

3) Скорость плиты неизменна и отн-ко земли, т.к. она массивна и её импульс из-за этого меняется пренебрежимо мало.

4) $\vec{V_1'} = \vec{V_1} + \vec{U}$ $\quad V_{1x}' = V_{1x}$, $V_{1y}' = V_{1y} + u$

$\vec{V_2'} = \vec{V_2} - \vec{U}$ $\quad V_{2x}' = V_{2x}$, $V_{2y}' = V_{2y} - u.$

$V_1'^2 = V_{1x}'^2 + V_{1y}'^2$

$V_2'^2 = V_{2x}'^2 + V_{2y}'^2$

5) Запишем З.С.Э с учётом потерь.

$$\frac{mV_1'^2}{2} = \frac{mV_2'^2}{2} + Q$$

$$\cancel{mV_{1x}'^2} + mV_1^2\cos^2\alpha + 2mV_1\cos\alpha u + \cancel{mu^2} = \cancel{mV_{2x}'^2} +$$

$$+ mV_2^2\cos^2\beta - 2mV_2\cos\beta u + \cancel{mu^2} + 2Q$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№1 (продолж)

$$mV_1^2\cos^2\alpha \qquad mV_{1x}'^2,\ mV_{2x}'^2$$

$$2Q = mV_1^2 - mV_2^2 - \cancel{mV_1^2\sin^2\alpha} + \cancel{mV_2^2\sin^2\beta} + 2mu(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)$$

$$mV_2^2\cos^2\beta$$

$$2Q = mV_1^2 - mV_2^2 + 2mu\,(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta).$$

Т.к. удар неупругий $\Rightarrow$ $\boxed{Q > 0}$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ $2\cancel{m}u\,(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta) > \cancel{m}V_2^2 - \cancel{m}V_1^2$.

$$u > \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)}$$

$$u > \frac{(12-6)(12+6)}{2\left(6\cdot\frac{\sqrt5}{3} + 12\cdot\frac{\sqrt8}{3}\right)} = \frac{6\cdot 18\cancel{9}}{\cancel{2}(2\sqrt5 + 8\sqrt2)}$$

Первая грань Ответ: $u > \dfrac{54}{2\sqrt5 + 8\sqrt2}$ $\dfrac{м}{с}$

б) По условию шарик ОТСКОЧИЛ, то есть удар не является абсолютно неупругим.

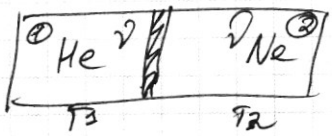
то есть $u < V_2\cos\beta.$

Иначе шар „прилипнет" к плите в СО плиты.

Вторая грань $u < 12\cdot\dfrac{2\sqrt2}{3} = 8\sqrt2\ \dfrac{м}{с}$

Ответ: $\dfrac{54\ м/с}{2\sqrt5 + 8\sqrt2} < u < 8\sqrt2\ м/с$

№2



Все величины с индексом 1 — из первого отсека вначале если индекс 2 — то 2.

1) Зак. Мен-Кл. $\begin{cases} P_1V_1 = \nu RT_1 \\ P_2V_2 = \nu RT_2 \end{cases}$

$P_1 = P_2$, т.к. поршень не двигается в этот момент.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4}$$

2) $T_{кон.} = ?$ — конечная температура.

Т.к. сосуд теплоизолирован, то в двух отсеках просто произошло перераспределение внутренних энергий

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолж)

Почему? потому что нет внешнего создателя работы и нет никаких потерь в окруж. среду.

~~$\Delta U_{кон}$~~ Иными словами:

$$\Delta U = \underbrace{\Delta U_1}_{\frac{3}{2}\cancel{\nu} R(T_к - T_1)} + \underbrace{\Delta U_2}_{\frac{3}{2}\cancel{\nu} R(T_к - T_2)} = 0$$

$$2T_к - T_1 - T_2 = 0 \Rightarrow T_к = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{330+440}{2} = \frac{770}{2} =$$

$$= \boxed{385\ K.}$$

(3) Неон не отличается в данной задаче от гелия, т.к. нам не интересны их молярную массу.

Также заметим, что ΔQ, переданное от (2) к (1) одно и тоже в ур-иях, только разного знака.

$$\oplus \begin{cases} \Delta Q = A_1 + \Delta U_1 \leftarrow \text{для 1-ого} \\ -\Delta Q = -A_2 + \Delta U_2 \leftarrow \text{для второго} \end{cases}$$

$|A_1| = |A_2|$, т.к. нет внешних работников

$$\underbrace{0}_{\text{суммарное тепло}} = \underbrace{\cancel{2A}}_{=0} + \underbrace{\Delta U_1 + \Delta U_2}_{=0}$$

ВСЁ ХОРОШО

Процесс происходил медленно, поэтому сделаем упрощение — пусть для каждого газа это изобарический процесс

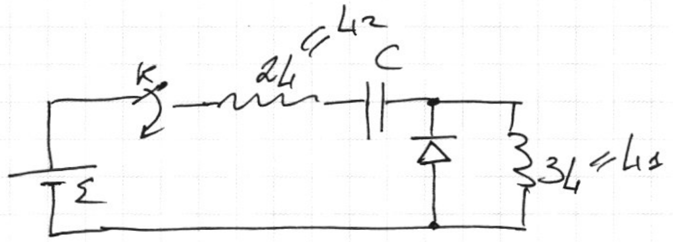
$$\Delta Q = \frac{\cancel{5}}{\cancel{4}2} \cdot \frac{\cancel{6}3}{\cancel{25}\,5} \cdot \underbrace{8{,}31}_{\frac{831}{100}} \cdot \overset{55\cdot 11}{\cancel{110}} = \frac{15\cdot 11 \cdot 831}{500} = \frac{{}^{3}\cancel{15}\cdot 11}{\cancel{5}} \cdot 8{,}31 =$$

$$= 33 \cdot 8{,}31 = \boxed{273{,}24\ Дж}$$

~~$= 13{,}2 \cdot 8{,}31 = 109{,}538\ Дж$~~

Ответ: $\boxed{273{,}24\ Дж.}$

№4



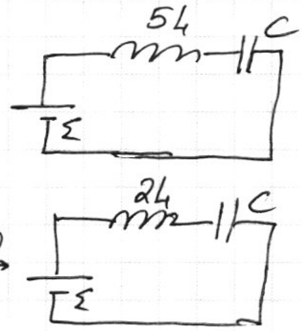
Диод идеален $\Rightarrow$ ВАХ:

Как только ключ замкнули и потекли токи, диод заперт. Когда токи текут против часовой, диод равносилен проводу (всё течёт через него).

$\boxed{1}$ Колебания состоят из двух частей.

Пусть состояние 1 → (1)

состояние 2 → (2)



Здесь по 2-му закону Кирхгофа:

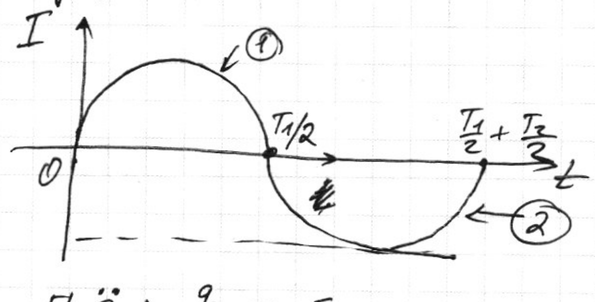
$$\mathcal{E} = 5L\cdot\ddot{q} + \frac{q}{C} \Rightarrow \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{5LC}}$$

Колебания – гармонические!

Здесь же: $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{2LC}}$

Когда происходит смена одного состояния на другое? Когда ток меняет направление!

График:



$$T_1 = \frac{2\pi\cdot\sqrt{5LC}}{2}$$

$$T_2 = \frac{2\pi\cdot\sqrt{2LC}}{2}$$

$$\boxed{T = (\sqrt{5}+\sqrt{2})\pi\sqrt{LC}}$$

$\boxed{2}$

q^a_{max} – АМПЛИТУДА ЗАРЯДА

$$5L\ddot{q} + \frac{q}{C} = \mathcal{E}$$

$$5LC\cdot\ddot{q} + q = C\mathcal{E}$$

$$q = C\mathcal{E} + q^a_{max}\sin(\omega_1 t + \alpha)$$

$$I = \dot{q} = q^a_{max}\cdot\omega_1\cdot\cos(\omega_1 t + \alpha)$$

$I_{max} = q^a_{max}\cdot\omega_1$ — это максимальный ток на катушке L_1, т.к. во втором состоянии она не участвует

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

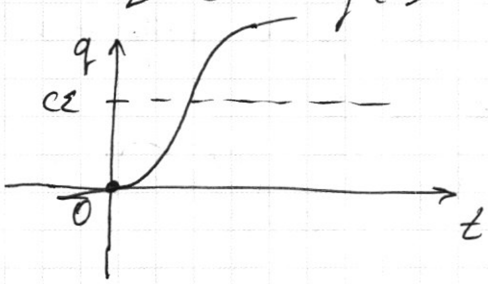
№4 (продолжение)

$I_{max01} = q^a_{max} \cdot \omega_1$

$q^a_{max} = ?$

Проанализируем $q(t) = C\mathcal{E} + q^a_{max} \sin(\omega_1 t + \alpha)$.

$t = 0 \Rightarrow q(0) = 0 = C\mathcal{E} + q^a_{max} \cdot \sin\alpha$



~~Также~~

$q^a_{max} = \left| -\frac{C\mathcal{E}}{\sin\alpha} \right|$

Зададимся вопросом: может ли q_{max} быть больше $C\mathcal{E}$

$q^a_{max} > C\mathcal{E}$? $\Rightarrow$ $\underset{\text{напр. на конденсаторе}}{\underline{U_C}} = \frac{q^a_{max}}{C} > \mathcal{E}$, что невозможно.

Почему? I и q находятся в противофазе!

$I_0 = 0 \Rightarrow \quad 0 = q_{max} \cdot \omega_1 \cdot \cos(\underbrace{\omega_1 t}_{=0} + \alpha)$

$\cos\alpha = 0 \Rightarrow \sin\alpha = 1 \Rightarrow q^a_{max} = C\mathcal{E}$

Получаем: $\max(q) = 2C\mathcal{E}$, $q^a_{max} = C\mathcal{E} \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{max01} = \omega_1 \cdot q^a_{max} = \frac{1}{\sqrt{54C}} \cdot C\mathcal{E} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{54}}$

$\boxed{3}$ Для катушки L_2 при первом состоянии

$I_{max} = I_{max01}$ (посл. соединение).

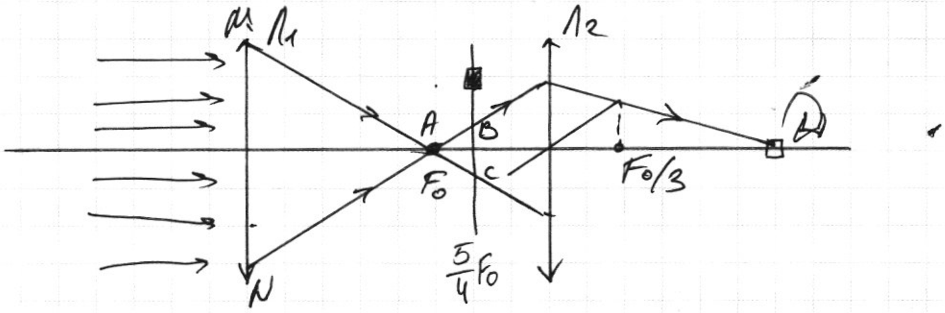
А что при втором?

$q^a_{max1} = q^a_{max2}$, $\quad \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{24C}}$

$I_{max02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{24}} > \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{54}} \Rightarrow$ Ответ: $\boxed{\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{24}}}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

№5



1 На рисунке построен ход лучей через систему.

Весь ∥ пучок соберётся в фокусе F_0 ⇒

⇒ Точка A будет как-будто источником для $Л_2$ ⇒

⇒ Можно записать ур-ие собирающей линзы:

$$\frac{3}{F_0} = \frac{2}{F_0} + \frac{1}{f}$$

$\frac{2}{F_0}$: $\frac{F_0}{2} = \rho(A; Л_2)$; f: $\rho(Л_2, D)$

Ответ: $\boxed{f = F_0}$

2 ① Мишень движется со ск-тью V.

② let $S_м$ – п-дь мишени, S – п-дь основания конуса ABC.

③ $I \sim S$ ⇒ $\begin{cases} I_0 \sim S \\ \frac{8}{9}I_0 \sim S - S_м \end{cases}$ ⇔

⇔ $\frac{9}{8} = \frac{S}{S - S_м}$ ⇒ $S_м = \frac{S}{9}$

④ Пусть r – радиус мишени, R – радиус основания конуса ABC ⇒ по подобию △ABC и △AMN

$$\frac{2R}{D} = \frac{1/4 F_0}{F_0} = \frac{1}{4} \Rightarrow R = \frac{D}{8}$$

$$\pi r^2 = \frac{\pi D^2}{64 \cdot 9} \Rightarrow r = \frac{D}{8 \cdot 3} = \frac{D}{24}$$

⑤ ~~[illegible]~~ Рассмотрим участок от 0 до r.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

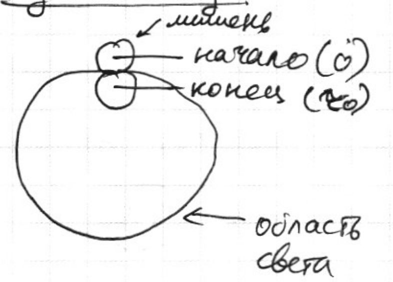
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (продолжение)

⑤ В этот ~~момент~~ промежуток времени мишень въезжала в область света.

Вид сбоку:



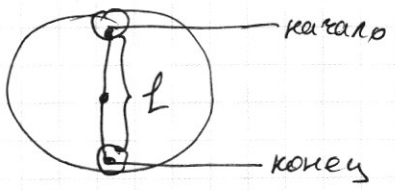
Мишень прошла расстояние $2r$ с постоянной ск-тью V за время τ_0 ⇒

$$\Rightarrow \begin{cases} V = \dfrac{2r}{\tau_0} \\ r = D/24 \end{cases}$$

Ответ: $V = \dfrac{D}{12\tau_0}$

③ Теперь рассмотрим от τ_0 до t_1.

Вид сбоку:



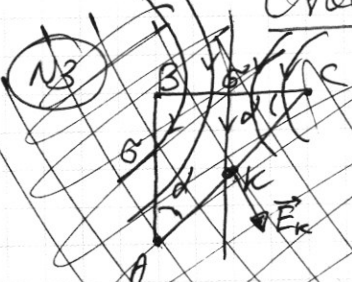
1) $l = 2R - 2r = \dfrac{D}{4} - \dfrac{D}{12} = \dfrac{D}{6}$.

2) $V = const \Rightarrow l = V \cdot (t_1 - \tau_0)$

$$\frac{D}{6} = \frac{D}{12\tau_0}(t_1 - \tau_0) \Rightarrow t_1 - \tau_0 = 2\tau_0$$

Ответ: $3\tau_0$

№3



① По принципу суперпозиции

$\vec{E}_K = \vec{E}_{BC} + \vec{E}_{AB}$.

[illegible]

а) $\vec{E}_{AB} = 0 \Rightarrow E_K = E_{BC} = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$

равномерно плоская заряженная (бескон.) пластина

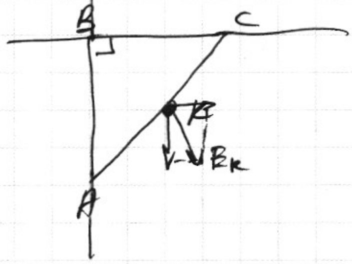
б) $|\vec{E}_{AB}| = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0} \Rightarrow E_K = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2} = \dfrac{\sqrt{2}\sigma}{\varepsilon_0}$

Ответ: увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

№3

$\boxed{1}$ 1) Всё симметрично, на т-ку K действуют 2 плоскости.



2) Эти п-ти формируют однородное поле каждая. Это поле по теореме Гаусса есть σ/ε_0.

3) По принципу суперпозиции полей

$$\vec{E}_K = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$$

а) $\vec{E}_{AB} = 0 \Rightarrow E_K = E_{BC} = \sigma/\varepsilon_0$.

б) $\vec{E}_{AB} \neq 0 \Rightarrow E_K = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \dfrac{\sqrt{2}\,\sigma}{\varepsilon_0}$

Ответ: $\boxed{\uparrow \text{ в } \sqrt{2} \text{ раз.}}$

$\boxed{2}$ Аналогично п.1:

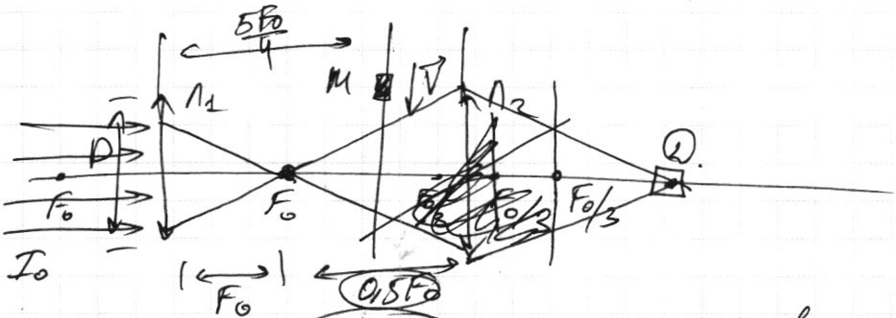
$$E_K = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \frac{\sqrt{17}\,\sigma}{\varepsilon_0}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5



$D \ll F_0$

$I = \frac{N}{S}$ ← кол-во лучей; S ← ед. п-ди.

1) $\frac{3}{F_0} = \frac{2}{F_0} + \frac{1}{f}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$

Ответ: $\rho(Л_2, D) = F_0$

$I \sim S$

$I_0 \sim S$

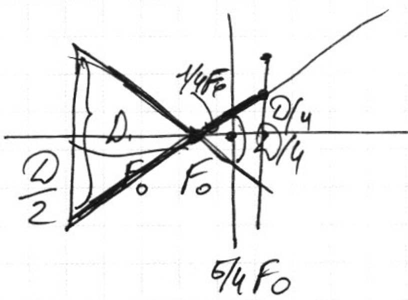
$\frac{8}{9} I_0 \sim \frac{S}{S - S_M}$

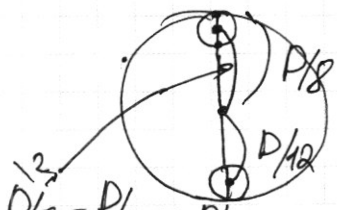
$\frac{9}{8} = \frac{S}{S - S_M}$

$9 S - 9 S_M = 8 S$

$S_M = S/9$

2)





$D/8 - D/24 = D/12$

$S_M = \frac{S}{9}$

$\pi r^2 = \frac{\pi D^2}{64 \cdot 9}$

$r = \frac{D}{24}$

$2r$ за τ_0

$D/6$ за время $t_1 - \tau_0$

$\frac{D}{12}$ за τ_0

$V = \frac{D}{12 \tau_0}$

$\frac{D}{6} = V(t_1 - \tau_0) \Rightarrow \cancel{t_1 = \tau_0}$

$\frac{D}{6} = \frac{D}{12 \tau_0}(t_1 - t_0)$

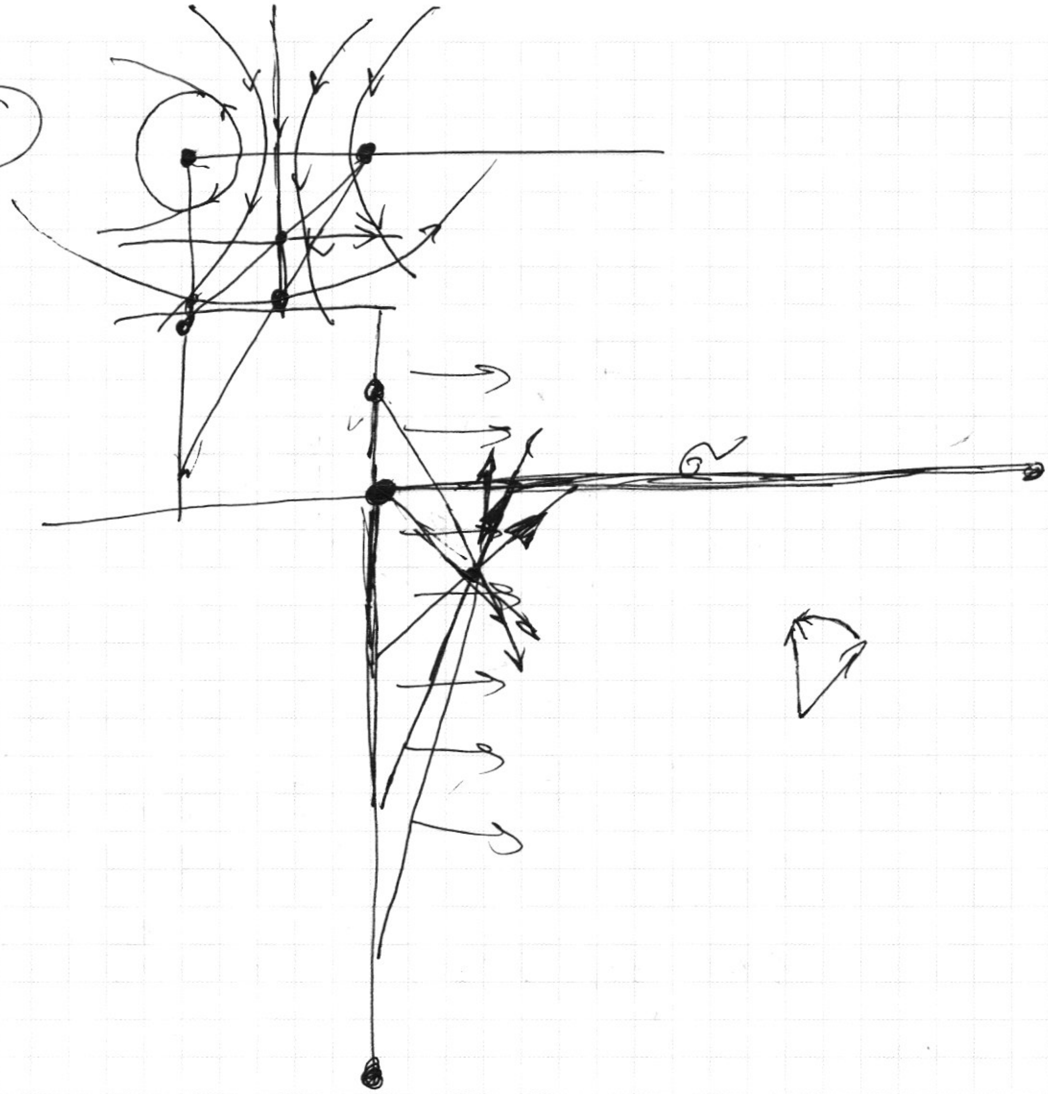
$2\tau_0 = t_1 - \tau_0$

$t_1 = 3\tau_0$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

№3



$$
\begin{array}{r}
\times\ 8,31 \\
33 \\
\hline
+\ 2493 \\
2493\ \ \\
\hline
274,23
\end{array}
$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$$mv_1^2 - mv_2^2 + 2mu(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) > 0$$

$$2u(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) > v_2^2 - v_1^2$$

$$\boxed{u > \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta)}}$$

$v_1 \downarrow$ $\uparrow v_2$ v_1

$\frac{2v_1}{u_н}\downarrow$ $\uparrow\frac{v_2 - v_1}{u_к}$

$2v_1 > v_2 - v_1$

№2

ν He ① T_1 P_{He} P_{Ne} Ne ② T_2

Теплоизолирован! => адиабата.

$R = 8,31$ Дж.

① $\div \begin{cases} P_1V_1 = \nu RT_1 \\ P_2V_2 = \nu RT_2 \end{cases}$ $\quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

② $Q_\Sigma = 0$

Одноатомные газы

$T_к = T_1' = T_2' \Rightarrow V_1 = V_2 = V/2.$

$P_1V_1^\gamma = P_1'(V_1')^\gamma$

$P_2V_2^\gamma = P_2'(V_2')^\gamma$

Представим что перегородки в конце нет.

(+) $\begin{cases} Q = A_1 + \Delta U_1 \\ -Q = -A_2 + \Delta U_2 \end{cases}$

Теплопроводящий поршень.

$A_2 - A_1 = \Delta U_2 - \Delta U_1 =$
$= \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_2)$

$A_1 - A_2 = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1).$

$P_1 \rightarrow P_к$
$V_1 \rightarrow V/2$
$T_1 \rightarrow T_к.$

$P_к\frac{V}{2} = \nu RT_к.$

$PV^\gamma = const$

$\cancel{dQ = PdV + dPV + \frac{3}{2}\nu R}$

$\frac{3}{2}PdV = 0$

$\frac{5}{2}PdV = -dPV$

$\frac{dP}{P} = \frac{5}{2}\frac{dV}{V}$

$\ln(P) = \frac{5}{2}\ln(V)$

$Q_1 = Q_2$

$Q = A + \Delta U_1$

$Q = -A + \Delta U_2$

$Q_1 = A^{расш.} + \Delta U_1$

$Q_2 = -A^{сжатие} + \Delta U_2$

$\nu \rightarrow 2\nu$

Представим, как расширение двух газов из V_1 в V.

$T_к = T_1$ $\quad \nu \rightarrow 2\nu$

$2A + \frac{3}{2}\nu R(T_к - T_1) - \frac{3}{2}\nu R(T_к - T_2) = 0$

$\boxed{2A = -\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)}$

$Q = -\frac{3}{4}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{3}{2}\nu R(T_к - T_1).$

$Q = \frac{3}{4}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{3}{2}\nu R(T_к - T_2)$

99 | 5
19,8

3
2
19,8
× 8,31
198
594
1584
165,538

3012 | 1385

750

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

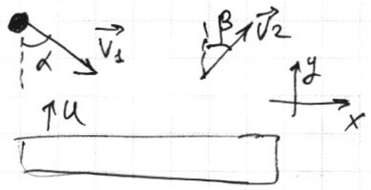
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

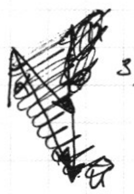
№1



1) 0) Перейдём в СО плиты

1) ОХ: Запишем закон сохранения импульса шарика (нет внешних сил)

2) Проекция V_1 и V_2 на ось ОХ После перехода в СО плиты не изменились!

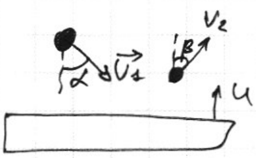


3) $V_1 \cdot \sin\alpha = V_2 \cdot \sin\beta$

$V_1 \frac{2}{3} = V_2 \frac{1}{3}$

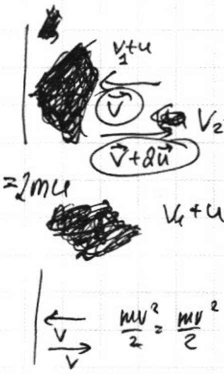
$\boxed{V_2 = 2V_1} = 12\ м/с$

2



V'_{1y}: $V_1 \cos\alpha + u$

V'_{2y}: $V_2 \cos\beta - u$.



$\Delta p = 2mu$

$v_1 + u = v_2 - u$

$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$

$\Delta p = m(V_2 \cos\beta - u) - m(V_1 \cos\alpha + u) =$

$= m(V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha) - 2mu.$

~~$\frac{mV_1'^2}{2} = \frac{mV_2'^2}{2} + Q$~~ З.С.Э. с учётом потерь.

$\frac{mV_1'^2}{2} = \frac{mV_2'^2}{2} + Q$ ← выделевшееся тепло.

~~$mV_1^2\cos^2\alpha + 2mV_1\cos\alpha \cdot u + mu^2 = mV_2^2\cos^2\beta +$~~

$V_1'^2 = V_1^2 \sin^2\alpha + V_1^2 \cos^2\alpha + 2V_1 \cos\alpha u + u^2$

$\cancel{mV_1^2 \sin^2\alpha} + mV_1^2 \cos^2\alpha + 2mV_1 \cos\alpha u + \cancel{mu^2} = \cancel{mV_2^2 \sin^2\beta} +$

$+ mV_2^2 \cos^2\beta - 2mV_2 \cos\beta u + \cancel{mu^2} + 2Q$

$2Q = mV_1^2 \cos^2\alpha - mV_2^2 \cos^2\beta + 2mu(V_1 \cos\alpha + V_2 \cos\beta)$

~~$m(36 \cdot$~~ $-$

$mV_1^2 - mV_1^2 \sin^2\alpha \quad mV_2^2 - mV_2^2 \sin^2\beta$

$2Q = \underbrace{mV_1^2 - mV_2^2}_{<0} + 2mu\left(\frac{2}{6} \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} + \frac{4}{12} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3}\right)$

~~$2\sqrt{5} - 8\sqrt{2}$.~~

$Q > 0$

☑ 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

$$\underbrace{\cancel{\nu} C_1 \cdot (T_к - T_1)}_{Q} = \underbrace{\cancel{\nu} C_2 (T_2 - T_к)}_{-Q}$$

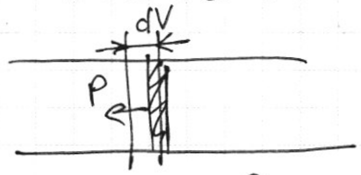
$\cancel{Q_1 = A_1 + \Delta U_1}$

$\cancel{Q_2 = A_2 + \Delta U_2}$

$\cancel{Q = A_1 + \Delta U_1}$

$\cancel{-Q = -A_2 + \Delta U_2}$

$\cancel{A_2 - A_1 = \Delta U_1 + \Delta U_2}$



Перераспределение внутр. энергии

$A_2 - A_1 = 0$

$\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$

$\frac{3}{2}\nu R (T_к - T_1) + \frac{3}{2}\nu R (T_к - T_2) = 0$

$T_к = \frac{T_1 + T_2}{2}$

3 $\quad A = 0$

$\nu C_1 = \frac{3}{2}\nu R \Delta T + A$

$\nu C_2 = \frac{3}{2}\nu R \Delta T - A$

$Q = A + \Delta U_1$

$-Q = -A + \Delta U_2$

$2Q = 2A + \Delta U_1 - \Delta U_2$

$Q = A + \frac{\Delta U_1 - \Delta U_2}{2}$

ΔU_1.

т.к. $\nu_1 = \nu_2$, пусть в левом сосуде тоже неон.

$\Delta U_1 = -\Delta U_2$

$\frac{3}{2}\nu R (T_к - T_1) = \frac{3}{2}\nu R (T_2 - T_к)$

$C_1 \cdot (T_к - T_1) = C_2 (T_2 - T_к)$

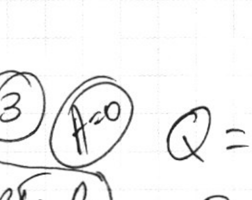
$C_1 = C_2$

$\cancel{T_к - T_1 = \frac{T_к + T_2}{2} = T_к - T_1}$

$\cancel{\frac{T_2 - T_1}{2}}$

$U_к = \frac{U_1 + U_2}{2}$

$$\begin{cases} P_0 V_1 = \nu R T_1 \\ P_0 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} P \cdot V_2 = \nu R T_к \\ P \cdot V/2 = \nu R T_к \end{cases}$$



$\frac{3}{2} k T_1 + \frac{3}{2} k T_2 - 3 k T_к = 0.$

$dQ = \underset{\nu R dT}{\cancel{PdV}} + \frac{3}{2}\nu R dT$

Ответ: $\frac{3}{2}\nu R \Delta T$

☑ черновик ☐ чистовик

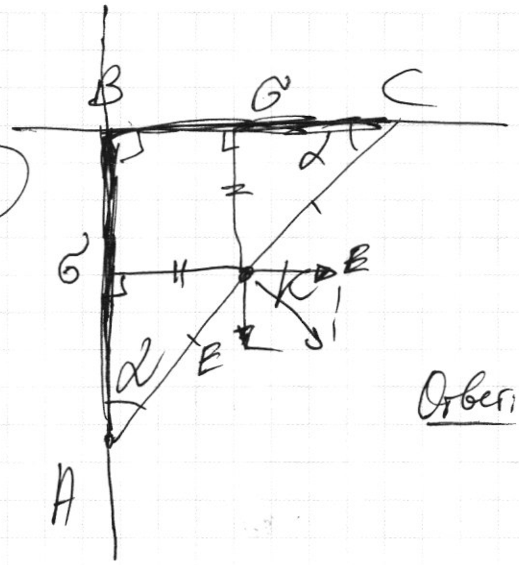
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№3

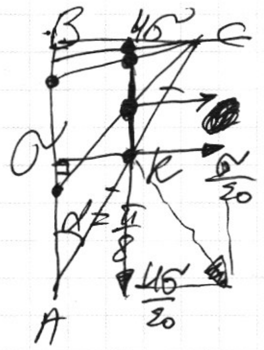
1

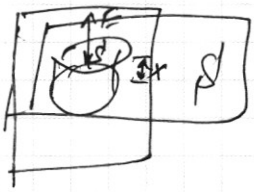


$\downarrow v_B$

Ответ: в $\sqrt{2}$ раз

2



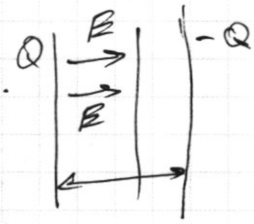


$E \cdot S = \frac{q}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ = const

Для пластин $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = const$

Это следует из теоремы Гаусса (и школьного курса).



~~E(x)~~

$\frac{\sqrt{17}\,\sigma}{\varepsilon_0}$

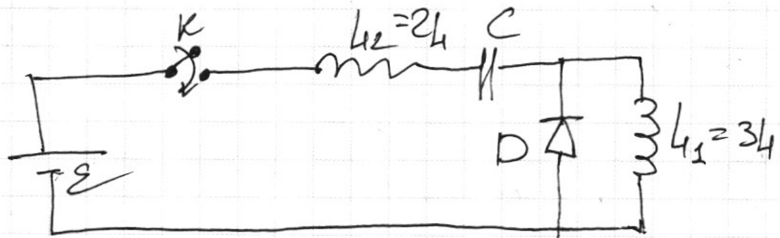
$\sigma = E \cdot \varepsilon_0$

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

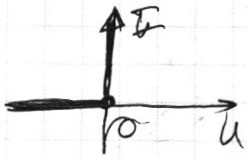
$\Delta\varphi = E \cdot l$

$Q = \Delta\varphi \cdot C = E \cdot \cancel{l} \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot S}{\cancel{l}} = E\varepsilon_0 S$

№4



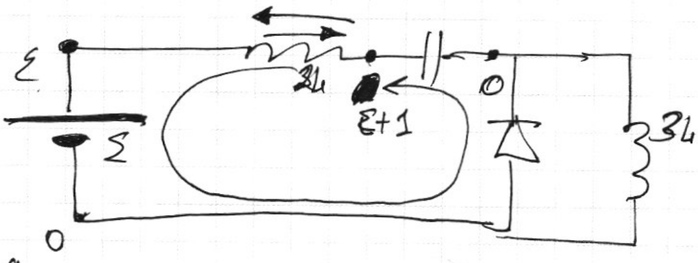
Диод идеален ⇒ ВАХ диода:

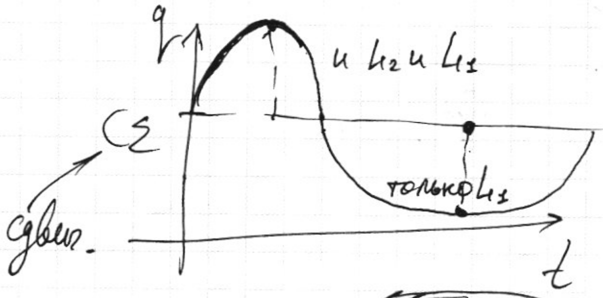


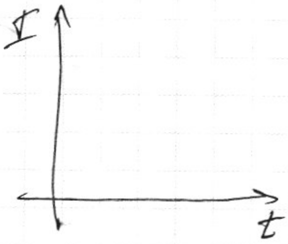
Ключ замкнули ⇒ ток через катушки не может измениться сразу ⇒ $\mathcal{E}i_1 + \mathcal{E}i_2 = \mathcal{E}$ | $5L\frac{dI}{dt} = \mathcal{E}$

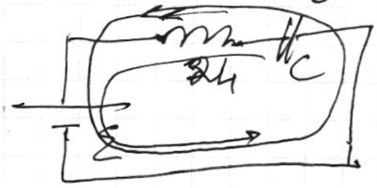
☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)







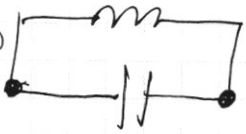


$-\mathcal{E} = \mathcal{E}_i + U_{к.}$

$L\dot{I}$ $\quad \frac{q}{C}$

$\pi\sqrt{5LC} + \pi\sqrt{2LC}$

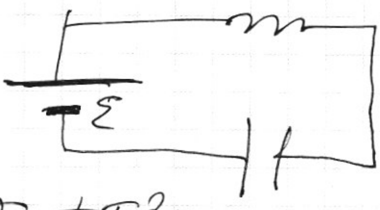
$T = (\sqrt{5}+\sqrt{2})\,\pi\sqrt{LC}$



$5L\ddot{q} + \frac{q}{C} = \mathcal{E}$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{5L I_{max01}}{2}$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{2L I_{max02}}{2}$



$\mathcal{E}\sqrt{\frac{2C}{L}}$

$I = q_{max}\,\omega\cos(\omega t)$

Когда ток по часовой:

$I_{max} = q_{max}\,\omega_2 = 2C\mathcal{E}\cdot\frac{1}{\sqrt{5LC}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{4C}{5L}}$ ← L_2

Против: $I_{max} = q_{max}\,\omega_2 = 2C\mathcal{E}\cdot\frac{1}{\sqrt{2LC}}$ ← L_1

~~$\mathcal{E}q - \frac{CU^2}{2} - \frac{LI^2}{2} = 0$~~

I перестало меняться ⇒ на dt (экстр.)

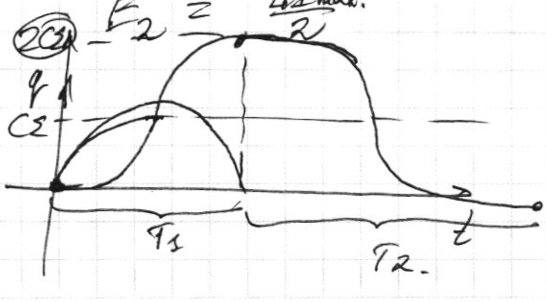
⇒ $\mathcal{E} = \frac{q_{max}}{C}$ ⇒ $q_{max} = C\mathcal{E}$

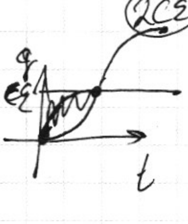
$E_1 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$

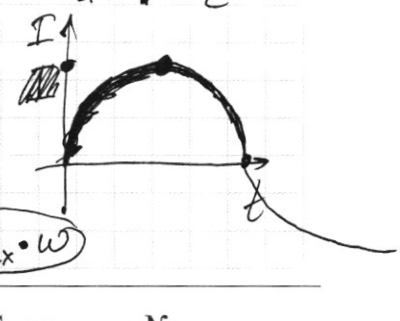
Они В ПРОТИВОФАЗЕ!

$E_2 = \frac{L I_{max}^2}{2}$

$\mathcal{E} = L\dot{I} + \frac{q_{max}}{C}$







$q_{max}\cdot\omega$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

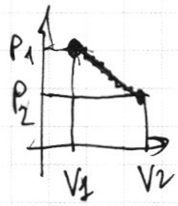
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

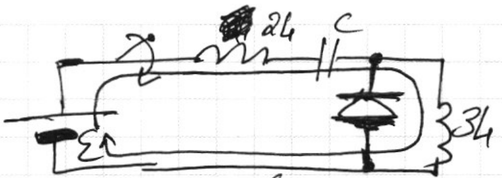
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

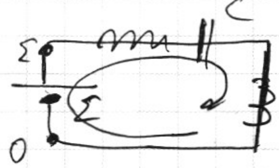
ШИФР

(заполняется секретарём)

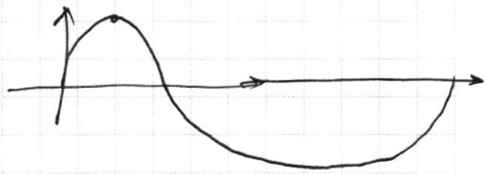
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА







Когда



1) $\mathcal{E} = 5L\dot{I} + \frac{q}{C}$

$\mathcal{E} = \ddot{q}\cdot 5L + \frac{q}{C}$

$y = \frac{q}{C} - \mathcal{E}$

$\ddot{y}\cdot 5L + y\cdot\frac{1}{C} = 0$

~~$q = C\mathcal{E} + q_{max}\sin(\omega t)$~~

~~Противофаза~~

~~$I = I_{max}\cdot\cos(\omega t)$~~

$\boxed{\omega = \sqrt{\frac{1}{5LC}}}$ $\boxed{T = 2\pi\sqrt{5LC}}$

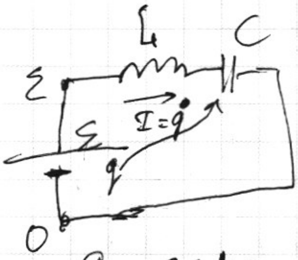
2) $I_{max_{01}}$ через кат L_1.

Резисторов нет. ⇒ Q нет.

$Q = A - \Delta W_к - \Delta E_{кат} \to \frac{LI^2}{2}$

$Q = 0$, $A = \mathcal{E}\cdot\Delta q$, q_{max}

$\Delta W_к \to \frac{\Delta q^2}{2C} = \frac{q_{max}^2}{2C}$



$0 = \mathcal{E}\cdot q - \frac{q^2}{2C} - \frac{5LI^2}{2}$

$0 = \mathcal{E}\cancel{I} - \frac{2q}{2C}\cdot\cancel{I} - \cancel{I}5L\dot{I}$

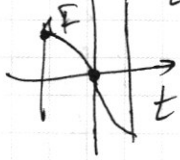
$\mathcal{E} - \frac{q}{C} - 5L\dot{I} = 0$

$\boxed{\mathcal{E} = \frac{q}{C} + 5L\dot{I}}$

$q = C\mathcal{E} + q_{max}\sin(\omega t)$

$I = I_{max}\cos(\omega t)$

$\pi/2$



После замыкания ключа

Произошли какие-то переходные процессы ⇒

⇒ опустим их. В результате будут ГАРМ. колебания, в которых заряд „С" будет в противофазе к току катушек //

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)