Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

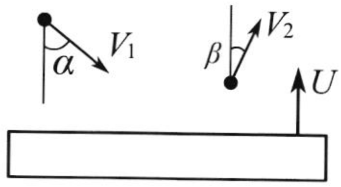
Класс 11

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 $\alpha \left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3} \right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta \left(\sin\beta = \dfrac{3}{5} \right)$ 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.

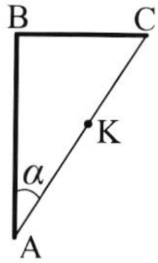
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1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

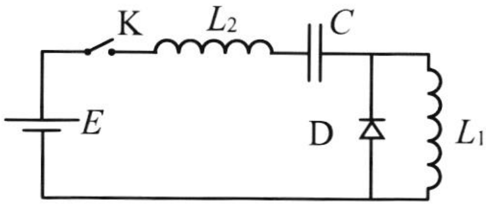
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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 $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. 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 $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, 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.

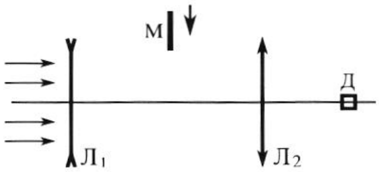


1) Найти период T этих колебаний.

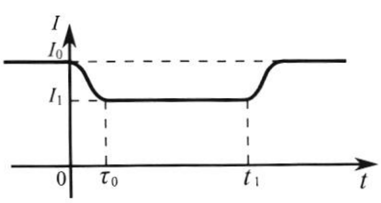
2) Найти максимальный ток I_{01}, текущий через катушку L_1.

3) Найти максимальный ток I_{02}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (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 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 F_0 от $Л_1$. 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 Л$_2$ и фотодетектором.

2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

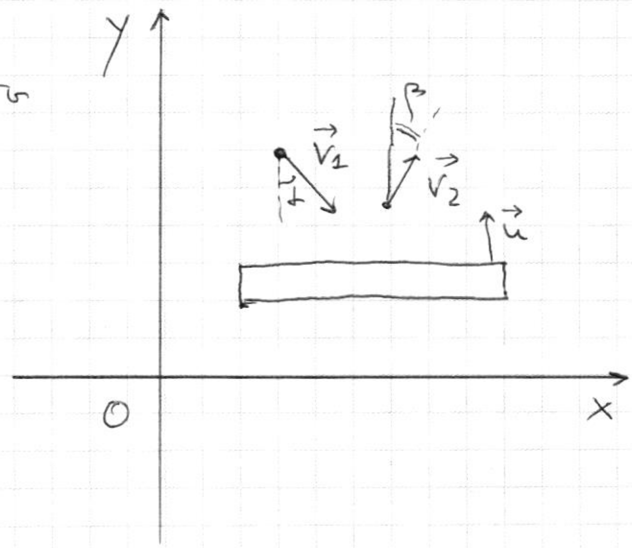
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.

По закону сохранения импульса (который выполнен для системы тел: шарик+плита, т.к. силой тяжести за малый промежуток времени её действия пренебрегаем)

$$m\vec{v}_1 + M\vec{u}_1 = m\vec{v}_2 + M\vec{u}_2 \quad (1)$$

где m, M – массы шарика и плиты; $\vec{u}_1, \vec{u}_2$ – скорости плиты до и после взаимодействия с шариком



(1) в проекции на

Ox:

~~$mv_1\cos\alpha = mv_2 s$~~

$mv_1\sin\alpha = mv_2\sin\beta + Mu_{2x}$

$mv_2\sin\beta > 0$ т.к. β – угол с вертикалью скорости V_2.

$\Rightarrow Mu_{2x} < mv_1\sin\alpha \Rightarrow u_{2x} < \frac{m}{M}v_1\sin\alpha$, но

плита массивна и значит $M \gg m \Rightarrow Mu_{2x} < \varepsilon \ll mv_1\sin\alpha$

где ε мало. $\Rightarrow$ приближенно верно:

$v_1\sin\alpha \approx v_2\sin\beta \Rightarrow v_2 \approx v_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \approx \frac{10}{9}v_1 \approx 20\,\frac{м}{с}$

ЗСИ в проекции на Ос Oy:
(закон сохранения импульса)

$-mv_1\cancel{\sin\alpha}\cos\alpha + Mu = mv_2\cos\beta + Mu_{2y}$

$$Mu = m(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) + Mu_{2y} \Rightarrow$$

$$u = \frac{m}{M}(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) + u_{2y}$$

Ответ: 1) $v_2 = 20\,м/с$.

2.

Из равновесия поршня вначале ясно, что давления в обеих частях (отсеках) сосуда равны. Пусть они равны p_0.

Согласно ур. Менделеева-Клапейрона:

$p_0 V_1 = \nu R T_1$ $\qquad$ $p_0 V_2 = \nu R T_2$

V_1 - объем аргона $\qquad$ V_2 - объем криптона

$$\Rightarrow \boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = 0{,}8}$$

После начала движения поршня аргон расширяется, объем первого отсека увеличивается, аргон нагревается, а криптон охлаждается. Согласно первому началу термодинамики:

$\Delta Q_1 = \Delta U_1 + A_1$ $\qquad$ $\Delta Q_1, \Delta U_1, A_1$ - кол-во теплоты, полученное

$\Delta Q_2 = \Delta U_2 + A_2$ $\qquad$ аргоном, ΔU_1 - изм. его внутр. энергии, A_1 - его работа

$\Delta Q_2, \Delta U_2; A_2$ - аналогично для криптона

Ясно, что $\Delta Q_1 + \Delta Q_2 = 0$; $A_1 + A_2 = 0 \Rightarrow$

$\Delta U_1 = -\Delta U_2 \Rightarrow T - T_1 = T_2 - T$, где T - температура смеси

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$T = \frac{T_1 + T_2}{2}$ - температура смеси

$\boxed{T = 360\,K}$

Найдем кол-во теплоты, полученное аргоном.

$\Delta Q_1 = \Delta U_1 + A_1$.

$\Delta U_1 = \frac{3}{2}\nu R(T - T_1) = \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_2 - T_1}{2}\right)$ – известно.

Если $p_к$ – конечное давление в отсеках, то

$p_к V = \nu R T$, где V – половина объема сосуда

$\Rightarrow \frac{p_к V}{p_0 V_1} = \frac{T}{T_1}$ и $\frac{V_1}{V_2} = 0{,}8$; $V_1 + V_2 = 2V \Rightarrow V_1 = \frac{8}{9}V$

$p_к = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V} \cdot p_0 = \frac{T_1 + T_2}{2T_1} \cdot \frac{8}{9} \cdot p_0 = \frac{360}{320} \cdot \frac{8}{9} \cdot p_0 =$

$= p_0 \Rightarrow$ На самом деле процесс изобарный $\Rightarrow$

$A_1 = p_0(V - V_1) = \frac{1}{9} p_0 V = \frac{1}{9}\nu R T \Rightarrow$

$\Delta Q_1 = A_1 + \Delta U_1 = \frac{3}{2}\nu R(T - T_1) + \frac{1}{9}\nu R T =$

$= \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{3}{5}(40) + \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{9} \cdot 360\right) R = (36 + 24) R = 60R = 498{,}6$ Дж

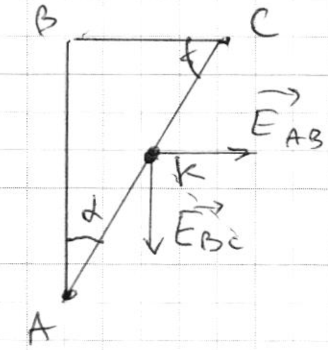
$\boxed{\Delta Q_1 = 498{,}6 \text{ Дж}}$

Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = 0{,}8$; $T = 360\,K$;

$\Delta Q_1 = 498{,}6$ Дж.

3.

Напряженность бесконечной пластины с поверхностной плотностью заряда σ: $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. направлена $\perp$-рно от этой пл-ти (в случае положительного q) и к пл-ти в случае отрицательного q. Пусть $\vec{E_{AB}}$ - напр-ть пл-ны AB; $\vec{E_{BC}}$ - пл. BC



В начале:

$\vec{E_K^0} = \vec{E_{BC}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

В конце по принципу суперпозиции:

$\vec{E_K^1} = \vec{E_{AB}} + \vec{E_{BC}}$ $\Rightarrow$ т.к. $AB \perp BC$, то $\vec{E_{AB}} \perp \vec{E_{BC}}$, то с учетом того, что поверхностные плотности одинаковы:

$|\vec{E_{AB}}| = |\vec{E_{BC}}|$: $|\vec{E_K^1}| = E_{AB}\sqrt{2} \Rightarrow \boxed{\frac{E_K^1}{E_K^0} = \sqrt{2}}$

~~$\frac{\vec{E}_K^1}{\vec{E}_K^0}$~~ E_K^0, E_K^1 - напряженности в т. K в 1-ом и втором случае

Когда выполнено условие во втором вопросе, то

$\vec{E_K} = \vec{E_{BC}} + \vec{E_{AB}}$ ($\vec{E_K}$ - напряженность в т. K)

$\Rightarrow$ Аналогично $E_K = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2} = \frac{1}{2\varepsilon_0}\sqrt{\sigma^2 + \frac{4}{49}\sigma^2} =$

$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{7}\sqrt{53} = \boxed{\frac{\sigma\sqrt{53}}{14\varepsilon_0} = E_K}$

Ответ: 2) $E_K = \frac{\sigma\sqrt{53}}{14\varepsilon_0}$ 1) $\sqrt{2}$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

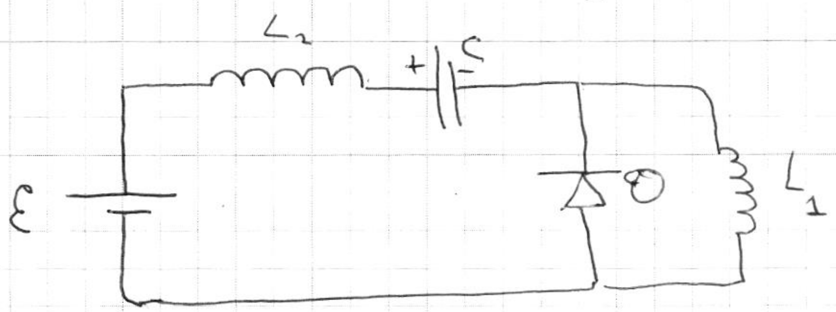
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.



Если I_2 - ток через L_2; I_1 - ток через L_1; q - заряд на конд-ра, то:

по $2^{\text{му}}$ правилу Кирхгофа: $\mathcal{E} = -L_2\dot{I}_2 - L_1\dot{I}_1 + \frac{q}{C}$ (1)

Ясно, что $I_1 = I_2$; кроме того, $-\dot{q} = I_1 = I_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = -\ddot{q} \Rightarrow$ (1) примет вид:

$$\ddot{q}(L_1+L_2) + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0 \Rightarrow$$

$$\ddot{q} + q\cdot\frac{1}{C(L_1+L_2)} - \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = 0 \Rightarrow$$

(2) $\ddot{Q} + \frac{1}{C(L_1+L_2)}Q = 0$, где $q - C\mathcal{E} = Q$

(2) - уравнение гарм. колебаний $\Rightarrow$ частота

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}} = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$$

$\Rightarrow \boxed{T = 6\pi\sqrt{CL}}$ Это фактически колебания q, но период колебаний $(-\dot{q})$ такой же, а значит и период колебаний тока в L_2.

Максимальному току в L_1 соответствует момент времени, когда конденсатор заряжен на $q = C\mathcal{E}$, а ток через L_2 равен 0. Действительно, если ток через L_1 - максимален $\Rightarrow$ $\dot{I}_1 = 0$, что возможно только тогда, когда конденсатор полностью заряжен (ток через $L_2 = 0$ и ток из L_1 идет в диод). $\Rightarrow$

Если $q_0 = 0$ - начальный заряд ~~правой~~ левой обкладки конденсатора $\Rightarrow$ $q_к = C\mathcal{E}$ - конечный её заряд $\Rightarrow$ через батарею прошел заряд в $C\mathcal{E}$ $\Rightarrow$ по закону сохр. энергии:

$$q_к \cdot \mathcal{E} = \frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{q_к^2}{2C} \Rightarrow$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_1 I_{01}^2}{2} \Rightarrow I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1}} = \boxed{\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}} = I_{01}}$$

Максимальный ток через L_2 соответствует моменту, когда левая обкладка конденсатора имеет заряд $(+2C\mathcal{E})$. В этот момент ток через $L_1 = 0$ (минимален) тогда по ЗСЭ:

$$q_{через\,\mathcal{E}} \cdot \mathcal{E} \star = \frac{L_2 I_{02}^2}{2} + \frac{q_c^2}{2}, \text{ где}$$

$q_{через\,\mathcal{E}}$ - заряд, прошедший через $\mathcal{E}$, он очевидно равен $2C\mathcal{E}$. таков же заряд q_c на конденсаторе.

$$\Rightarrow C\mathcal{E}^2 = \frac{L_2 I_{02}^2}{2} \Rightarrow \quad I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{2C/L_2} = \boxed{\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}} = I_{02}}$$

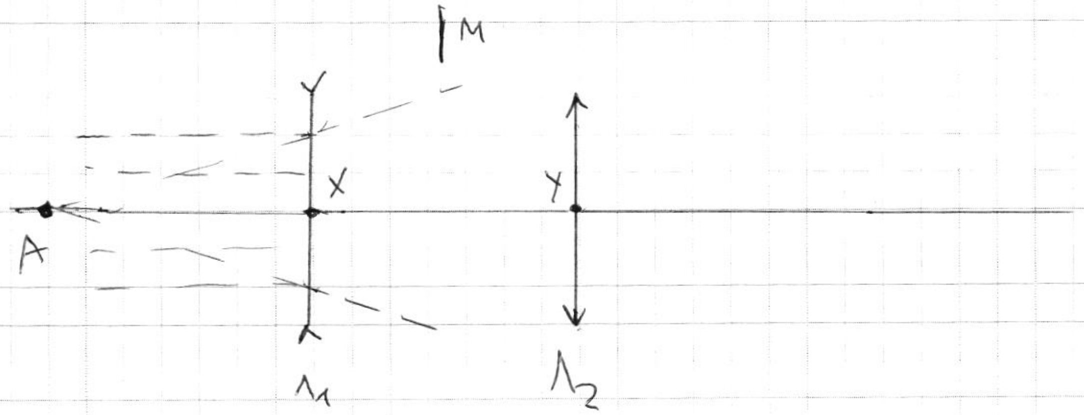
Ответ: 1) $T = 6\pi\sqrt{CL}$ 2) $I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$; $I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5.

Нарисуем картинку и объясним, что происходит.



После преломления в $Л_1$, продолжения преломл. лучей пересекутся в т. А – главном переднем фокусе $Л_1$ и уже эта точка как бы будет источником для $Л_2$.

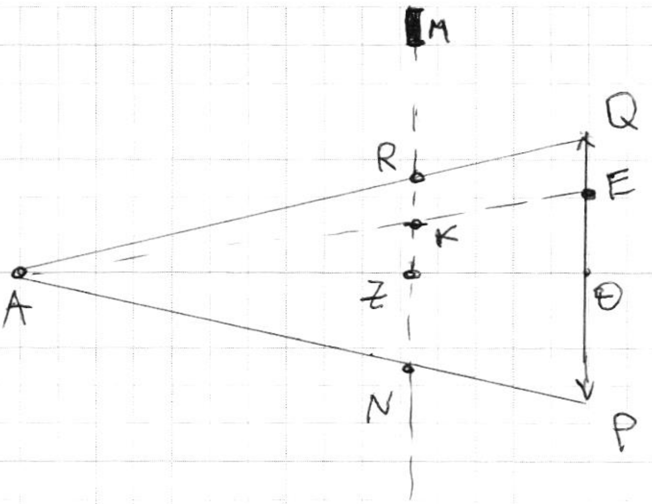
по условию: $AX = 2F_0$; $XY = 2F_0 \Rightarrow AY = 4F_0$

$\Rightarrow$ по формуле тонкой линзы, с учетом того, что А – ~~мнимый источник~~ действ источник, $Л_2$ – собирающая линза и $AY > F_0$: $\frac{1}{4F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$, где f – расстояние от $Л_2$ до детектора $\Rightarrow$ $\frac{1}{f} = -\frac{1}{4F_0} + \frac{1}{F_0} = \frac{4F_0 - F_0}{4F_0^2} = \frac{3}{4F_0} \Rightarrow$

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

Скорость V определим из геометрии движения.

Нарисуем второй рисунок (без $Л_1$)



Колебания показаний начнутся, когда M достигает R и заканчиваются, когда верхний край M оторвется от R.

$\Rightarrow V\cdot T_0 = L$, где L – длина мишени.

В любом своём положении „внутри" RN мишень „закрывает" некоторое число лучей и это происходит время $(t_1 - T_0) \Rightarrow v\cdot(t_1 - T_0) = RN - L$, но $\triangle ARN \sim \triangle AQP$ с $k = \frac{3}{4}$, ведь $\frac{AZ}{A\Theta} = \frac{3F_0}{4F_0} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{RN}{QP} = \frac{3}{4} \Rightarrow RN = \frac{3}{4}\Theta$.

$$\Rightarrow \begin{cases} V(t_1 - T_0) = \frac{3}{4}\Theta - L \\ v\cdot T_0 = L \end{cases}$$

~~Мощность света в начале N_0, в конце N_1 – когда м между R и N~~ $\Rightarrow \cancel{\frac{N_0}{N_1} = \frac{7}{16} \cdot \frac{L}{\frac{3}{4}\Theta} = \frac{-QE + QP}{QP} = 1 - \frac{QE}{QP}}$

$\cancel{\Rightarrow \frac{QE}{QP} = \frac{9}{16} \Rightarrow \frac{4/3\, RK}{4/3\, RN} = \frac{9}{16} \Rightarrow \frac{L}{\frac{3}{4}\Theta} = \frac{9}{16}} \Rightarrow$

$\cancel{\frac{L}{\Theta} = \frac{4}{3}\cdot\frac{9}{16} = \frac{3}{4}} \Rightarrow$

$\frac{N_0}{N_1} = \frac{7}{16}$, где N_0, N_1 – мощности света на пр-ках ~~[0; Θ]~~ $(-\infty; 0)$ и $[T_0; t_1] \Rightarrow \frac{QE}{QP} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{L}{\frac{3}{4}\Theta} = \frac{3}{4} \Rightarrow L = \frac{9}{16}\Theta \Rightarrow \boxed{V = \frac{9\Theta}{16T_0}}$;

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

Ответ: 1) $f = \frac{4}{3}F_0$ 2) $V = \frac{9}{16}\frac{\Theta}{T_0}$ 3) $t_1 = \frac{4}{3}T_0$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

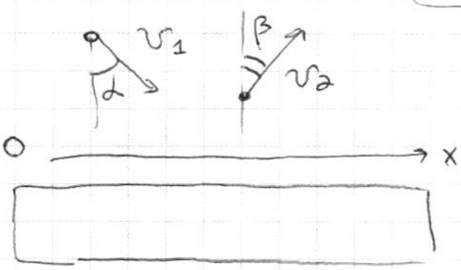
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.

$\boxed{v, \alpha, \beta, V_1} \to V_2 ?$



$(m\vec{v}_1 + M\vec{u} = m\vec{V}_2 + M\vec{u}'): O_x$

Неупругий удар:

$m v_{1x} = m V_{2x} + M u'_x$

$\Delta \vec{p}_m = m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1) = \vec{F} \cdot \Delta t$

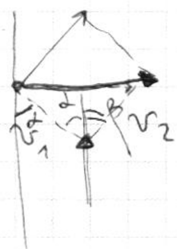
$\vec{u}$ – вертикально.

после удара

$\vec{u}' = \vec{u} + \Delta \vec{u} \Rightarrow$

$u'_x = \Delta u_x$ – т.к. $M >> m$, то

Δu_x – мало $\Rightarrow$



$\Delta p_M = M(u$

$m v_{1x} = m V_{2x} \Rightarrow v_{1x} = v_{2x} \Rightarrow v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow$

$v_1 \frac{2}{3} = v_2 \frac{3}{5} \Rightarrow \boxed{v_2 = \frac{10}{9} v_1 = 20 \text{ м/с.}}$!

?

~~пусть даже эта сила горизонтальна~~ $\Rightarrow$?

Какими могут быть $\vec{u}$?

$-m v_1 \cos\alpha + Mu = Mu' + m v_2 \cos\beta$

$18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} \overset{?}{\le} 20 \cdot \frac{4}{5} \Rightarrow ?$ нет

Время удара мало — действие силы тяжести не учитывать

$m\vec{v}_1 + M\vec{u} = m\vec{v}_2 + M\vec{u}'$

$m(\vec{v}_1 + \vec{v}_2) = M(\vec{u} - \vec{u}')$. $\Delta u_x = 0 \to v_{2x} = v_{1x} \Rightarrow v_2$?

$F_y \Delta t = m(v_{2y} - v_{1y}) = M\Delta u_y = -F_y \cdot \Delta t$.

известно

тоже мало?

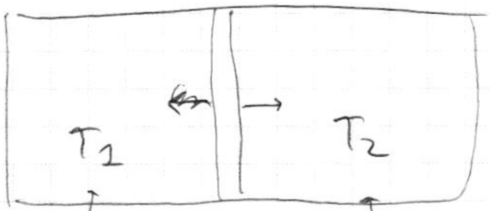
$\frac{m}{M}(v_{2y} - v_{1y}) = \Delta u_y$

2.

$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{Mu_{2y}^2}{2}$ $2p' = p_0$

$R; \nu; T_1; T_2$. ?

$\frac{p_0}{p^*} = \frac{T_1 + T_2}{2 \cdot \frac{T_1 + T_2}{2}} = 2$



$p_0(V_1 + V_2) = \nu R(T_1 + T_2)$

$p^* \cancel{2}V = \cancel{2}\nu RT$

$p_1 = p_2$ — вместе

$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

$\frac{p}{p_0}\frac{V_1'}{V_1} = \frac{T}{T_1} \Rightarrow \nu_1$ $\frac{l_1}{l_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ν_2

$\Uparrow$ $p\nu$ $p_1V_1 = \nu RT_1$; $p_2V_2 = \nu RT_2$ $\frac{V_1'}{V_1} = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{p_0}{p}$

$\Delta l + l_1 = l_2 - \Delta l \to$ $pV_1' = \nu RT$; $pV_2' = \nu RT \Rightarrow V_1' = V_2'$ $\frac{V_2'}{V_2} = \frac{T}{T_2} \cdot \frac{p_0}{p}$

$\Delta Q_1 = \Delta U_1 + A_{r_1}$

$\Delta Q_2 = \Delta U_2 + A_{r_2}$ $\to \frac{\Delta U_1}{\Delta U} + \cancel{A_{r_1}} + \Delta U_2 + \cancel{A_{r_2}} = 0 \Rightarrow$

$\Delta U_1 = -\Delta U_2$

$\cancel{\frac{3}{2}\nu R}(T - T_1) = \cancel{\frac{3}{2}\nu R}(T_2 - T) \Rightarrow 2T = T_1 + T_2 \Rightarrow$

$\boxed{T = \frac{T_1 + T_2}{2}}$

$A_{r_1} = \cancel{\Delta(pV) = p\Delta V + V\Delta p}$

$\Delta Q_2 = \Delta U_2 + A_{r_2}$

$\frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_1 + T_2}{2} + T_2\right) - A_{r_1}$ $\int_{V=V_1}^{V=V'} p\,dV =$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

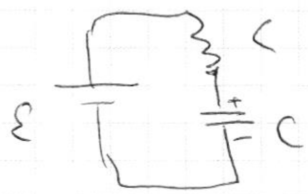
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\mathcal{E} = \frac{q}{C} \cancel{+} L\dot{I} \Rightarrow \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{q}{C} + \ddot{q}L \Rightarrow$

$\ddot{q}L + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0$

$\ddot{q}\cancel{L} + \frac{q}{CL} - \frac{\mathcal{E}}{L} = 0 \Rightarrow$

$\ddot{q} + \frac{1}{CL}(q - C\mathcal{E}) \Rightarrow$

$Q = C\mathcal{E} + A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

$A = -C\mathcal{E}$ · $\cancel{\varphi_0 = 0}$ $A\cos\varphi_0 = 0. \Rightarrow \varphi_0 = \pi/2$

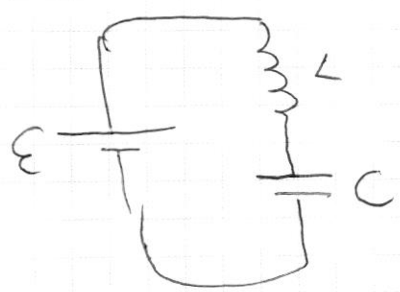
$\mathcal{E} = L\dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{\mathcal{E}}{L}$

$\dot{q}(0) = -A\sin\varphi_0\,\omega_0$

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{CL}}$ $\quad C\mathcal{E}\cdot\cancel{\sin\varphi_0}\cdot\frac{1}{\sqrt{CL}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$

$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow$

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



$\Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$

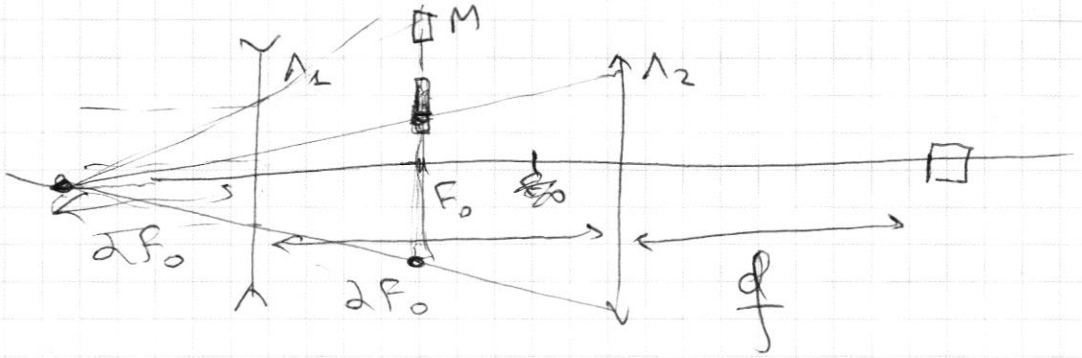
$\Rightarrow$

$q = C\mathcal{E} + A\sin\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi_0\right).$

$q(0) = 0 \Rightarrow A\sin\varphi_0 = 0 \Rightarrow -A\omega\sin\varphi_0 = \cancel{\sqrt{\frac{\mathcal{E}}{C}}} - \frac{\mathcal{E}}{L}$

$A = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$ $\quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

5.



$$\frac{1}{4F_0} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_0} \to d.$$

$\cancel{V(\Theta - L)} = V(t_1 - T_0) = \Theta - L \qquad I \approx N \cdot K$

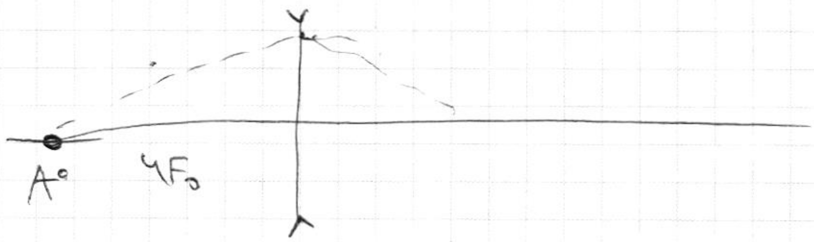
$VT_0 = L$

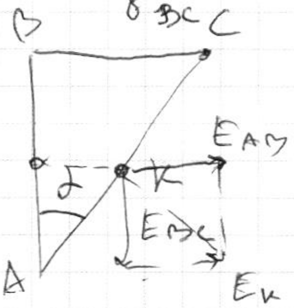
$\cancel{N_{2\theta}}$

$V \cdot T_0 = L$

$V(t_1 - t_0) = \frac{3}{2}\Theta - L$

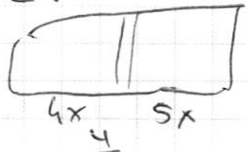
$\Rightarrow Vt_1 = \frac{3}{2}\Theta \Rightarrow V.$





а) – очевидно –

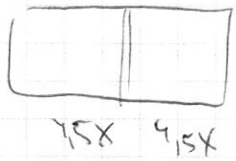
$\cdot \frac{\delta_{AB}}{2\varepsilon_0} \Rightarrow \frac{E_K}{E_{AB}} = \sqrt{2}.$

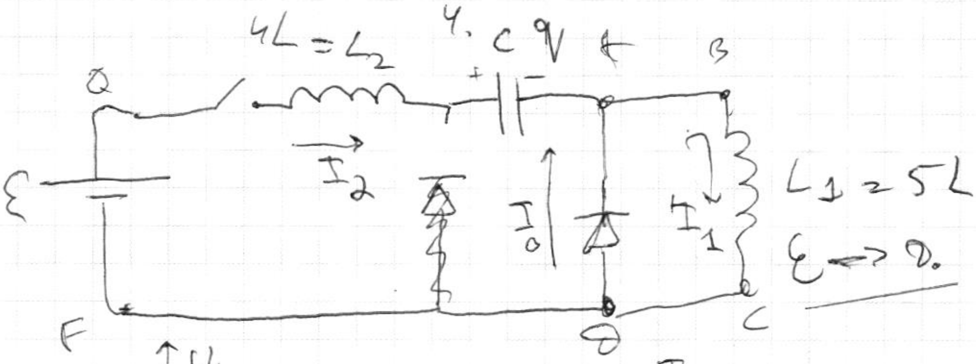


б) $\delta_1 = \delta$

$\delta_2 = \frac{2\delta}{7}$ $\alpha = \pi/4$ – очевидно

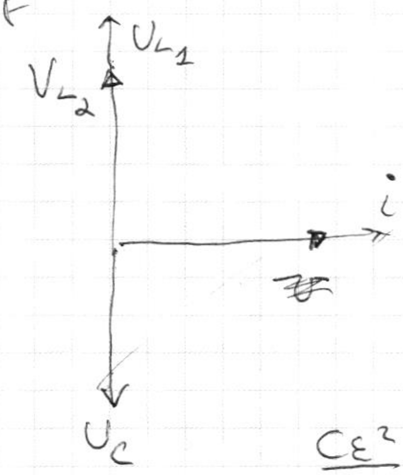
$\frac{4}{5}$





$I_{L_2} = \dots$

$83{,}1 \times 6 = 498{,}6$



$\cancel{\frac{L_2 I_2^2}{2}} + \frac{q_{max}^2}{2C} + \frac{L_1 I_1^2}{2} = q \cdot \mathcal{E}$

$\Rightarrow q = C\mathcal{E} \Rightarrow$

$C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_1 I_1^2}{2} \Rightarrow$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_1 I_1^2}{2} \Rightarrow I_1 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1}}.$

$\cancel{\mathcal{E} - L_2 \cdot 0 = \frac{L_1 I_1^2}{2}} - L_1 \dot{I}_1$

$= \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}.$ $= \frac{L_2 I_2'^2}{2} + \frac{L_1 I_1'^2}{2}$

$\Rightarrow \dot{I}_1 = -\frac{\mathcal{E}}{L_1}$

$I_0 e^{-t/RC}$ Конд. заряж. ток только в ABCD

Конд. разряжается ток и в ADFQ $\Rightarrow$ напр. на

Ое-следст. крайнее полож. конденсатор разряжен:

$\mathcal{E}$ – В этом положении: $I_2 = max$ причем

$I_2 = ?$ $\frac{LI_2^2}{2} + \cancel{\frac{LI_1^2}{2} = -q\mathcal{E} = -C\mathcal{E}^2}$ $-C\mathcal{E}^2 + \frac{4^2}{2C} + \frac{L_1 I_1^2}{2} =$

МФТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$p_0 V_1 = \nu R T_1$ $p_0 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow \boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}}$

$\frac{V}{V_1} = \frac{V_1+V_2}{V_1} = 1 + \frac{T_2}{T_1}$

$\frac{V}{V_2} = 1 + \frac{V_1}{V_2} = 1 + \frac{T_1}{T_2}$

$\Delta Q_1 = \Delta U_1 + A_{\Gamma 1}$

$\Delta Q_2 = \Delta U_2 + A_{\Gamma 2} \Rightarrow \Delta U_1 = -\Delta U_2 \Rightarrow$

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

$\boxed{2T = T_1 + T_2}$

$\Delta U_1 = \frac{3}{2}\nu R \left(\frac{T_2 - T_1}{2}\right)!$ $\Delta Q_1 = ?$

$\Delta U_2 = \frac{3}{2}\nu R \left(\frac{T_1 - T_2}{2}\right)!$

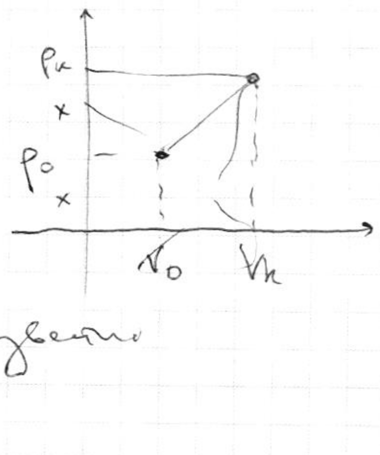
$A_{\Gamma 1} = p\Delta V + V\Delta p$

$p_к V = \nu R T$ $p_к V = \nu R T \Rightarrow p_к = \frac{\nu R T}{V} \Rightarrow$

$p_0 = \frac{\nu R T_1}{V_1}$

$\frac{p_к}{p_0} = \frac{\frac{T}{V}}{\frac{T_1}{V_1}} = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V} = \frac{\frac{T_1+T_2}{2} \cdot T_1}{T_1 \frac{(T_1+T_2)}{2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow$

$2p_к = p_0;$



$\frac{V_к}{V_1} = \frac{V_к}{V_1}.$

$p\Delta V - . \; . \; .$ известно

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

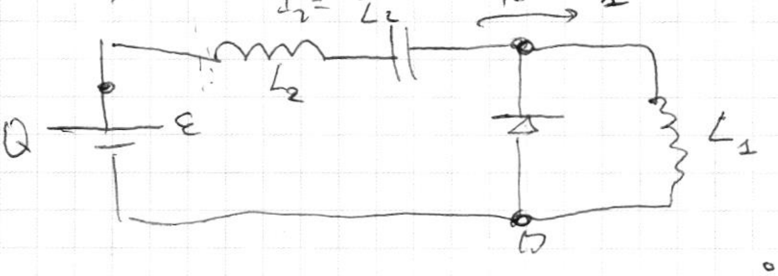
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.

$\cancel{\mathcal{E} = +L_2\dot{I}_2} \Rightarrow \dot{I}_2 = -\frac{\mathcal{E}}{L_2}$



конд-р разряжется

↓

ток убывает в I_1

возр. в L_2:

когда max:

1) в L_1 – максим. ток $\Rightarrow -L_1\dot{I}_1 = 0 \Rightarrow$

Если бы ток в L_2 был $\Rightarrow$ конденсатор еще не заряжен?

Действительно! |

$\frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2}$

конд. заряжается... ток в L_1 – возрастает.

конд. заряжен $\Rightarrow$ тока в цепи ~~нет~~. ABQ – нет. $\Rightarrow$

$$\mathcal{E} + \frac{q_k^2}{2C} + \frac{L_1 I_1^2}{2} = \mathcal{E} \cdot q_k$$

$\dot{I}_2 = +\frac{\mathcal{E}}{L} \Rightarrow$

$I_2 = I_{20} e^{+\frac{t\mathcal{E}}{L_2}} \Rightarrow$

$\tau \Rightarrow \frac{L}{\mathcal{E}}$

?

Ток учитывается в L_1 –?

$$\mathcal{E} - \frac{q}{C} = -L_1\dot{I}_1 = 0 \Rightarrow q = C\mathcal{E} \Rightarrow$$

I_1 –?

$$\mathcal{E} - L_2\dot{I}_2 + \frac{q}{C} - L_1\dot{I}_1 = 0.$$

примен. тоже разрыв цепи

когда ток в L_2: max $\Rightarrow -L_2\dot{I}_2 = 0. \Rightarrow$

$\mathcal{E} -$ $\quad I_c = -\dot{q}_c$

этот ток и будет максимальным! $\mathcal{E}|C\mathcal{E}|$

$I_c = -\dot{q}_c \quad q = C\mathcal{E} + A\cos(\dots)$.

$\cancel{L\dot{I}} \quad \ddot{q}_c \quad q = C\mathcal{E} - C\mathcal{E}\cos(\dots)$ в нач момент 0.

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

$\mathcal{E} - L_2\dot I - L_1\dot I + \frac{q}{C} = 0 - \frac{q}{C} = 0.$ $\mathcal{E} = (L_1+L_2)\dot I + \frac{q}{C} = 0.$

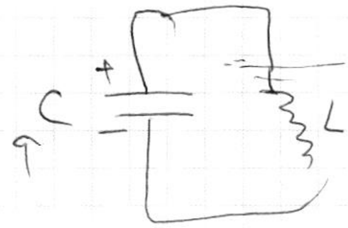
$\Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = \dot I \Rightarrow I = I_0 t$

$I = -\dot q \Rightarrow -\dot I = +\ddot q$

$\ddot q (L_1+L_2)$

$\Rightarrow \mathcal{E} + (L_1+L_2)\ddot q - \frac{q}{C} = 0.$

$\ddot q + \frac{1}{(L_1+L_2)C}(-q + C\mathcal{E}) = 0$



$I = -\dot q \Rightarrow \dot I = -\ddot q$ $e^{-\frac{t}{RC}}$

$L = $ Ом·м; $\frac{R}{C}$; LC

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

$\ddot Q + \frac{1}{C(L_1+L_2)} Q = 0.$ $\frac{q}{C}$ $\dot I =$

$I = -\dot q \Rightarrow \dot I = -\ddot q$

$\omega_0^2 = \frac{1}{C(L_1+L_2)} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}$

$\boxed{\frac{2\pi}{\omega_0} = T\,!}$ $T = \cancel{\sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}}$ $2\pi\sqrt{}$

$L\ddot q + \frac{q}{C} = 0$

$\ddot q + \frac{q}{CL} = 0.$

Периодичен.

I_{01} → нет. конденсатор-заряжен – $C\mathcal{E}$ – max L_1

I_{02} – max через $\mathcal{E}_2$ ⇒ конденсатор заряжается

$L_2 I_2$ = max ⇒ [illegible] через конденсатор

$\max = I_2 = -\dot q \Rightarrow \dot q_з =$ $\tilde q = -q + C\mathcal{E} = A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

$q = \min \Rightarrow$ $t=0$: $A\cos\varphi = C\mathcal{E}$

$q = C\mathcal{E} - C\mathcal{E}\cos(\omega_0 t) \Rightarrow$ мин. заряд = $q = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$

$A = C\mathcal{E}$