Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

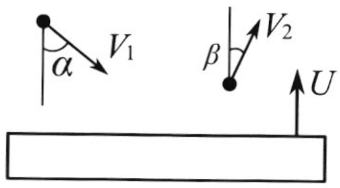
Класс 11

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.

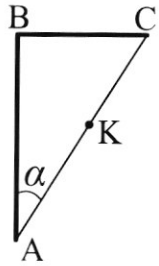
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота T_1 = 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?

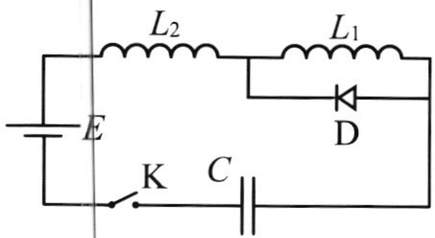
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

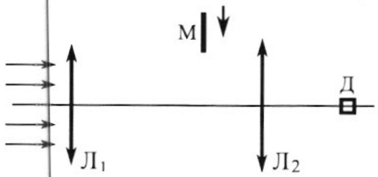


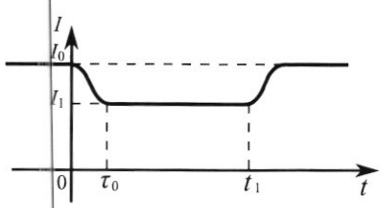
1) Найти период T этих колебаний.

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, τ_0.

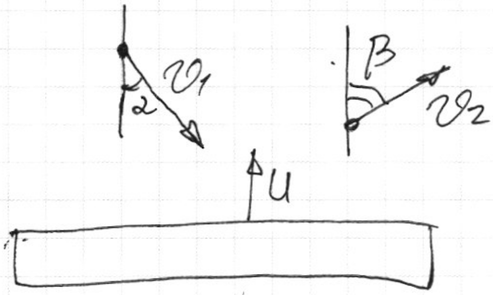
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

1) Поверхность плиты гладкая $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ сил трения нет $\Rightarrow$ тангенциальная составляющая скорости не изменилась.

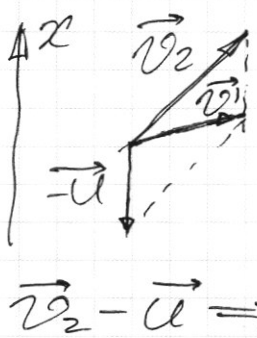


$v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$

$v_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} v_1 = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} v_1 =$

$= \frac{3}{2} v_1 = 12$ м/с

2) Перейдём в СО, связанную с плитой. Шарик отскочил от платформы $\Rightarrow$ в ~~этой~~ СО плиты скорость шарика направлена вверх:



v' – ~~скорость~~ конечная скорость шарика в СО плиты.

$\vec{v}' = \vec{v}_2 - \vec{u} \Rightarrow v'_x = v_{2x} - u_x > 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow u_x < v_{2x}$ $\quad u_x = u$, $v_{2x} = v_2 \cos\beta$

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

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$u < v_2 \cos\beta$ $u < 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$ $u < 6\sqrt{3}$ м/с

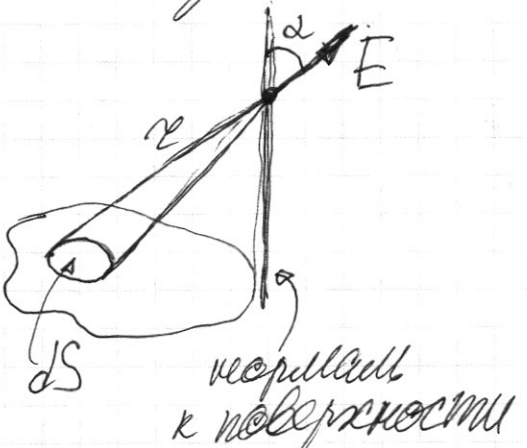
Ответ: 1) $v_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} v_1 = 12$ м/с.

2) $u < v_2 \cos\beta$ $u < 6\sqrt{3}$ м/с.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

Рассмотрим равномерно заряженную плоскую поверхность с поверхностным зарядом σ.



Рассмотрим напряжённость в точке, находящейся на расст. r от площадки dS, созданную площадкой dS.

$dE = k\frac{\sigma dS}{r^2}$ dE_n – нормальная к поверхности составляющая напряжённости.

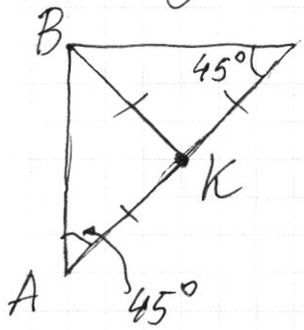
$dE_n = dE\cos\alpha$ (α – угол между нормалью и $\vec{dE}$).

$dE_n = k\sigma\frac{dS}{r^2}\cos\alpha$, ~~где~~ $\frac{dS}{r^2}\cos\alpha = d\Omega$, где $d\Omega$ – телесный угол, под к-рым видна dS из рассматриваемой точки.

$dE_n = k\sigma d\Omega$, $k\sigma = const \Rightarrow E_n = k\sigma\Omega$

1) $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ \Rightarrow$ телесные углы, под ~~кор~~ которыми видны AB и BC равны $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ равны нормальные к AB и BC компоненты их напряжённости.

~~В силу си~~

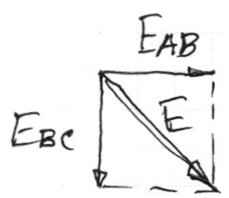


BK – ~~гипотенуза~~ медиана, проведённая к гипотенузе $\Rightarrow BK = KC = AK \Rightarrow$ $\Rightarrow$ ~~точка~~ точка K расположена симметрично относительно B и C, а также A и B $\Rightarrow$ в силу симметрии ~~AB~~ $\vec{E}_{AB}$, $\vec{E}_{BC}$ – вектора напряжённости, созданные AB и BC направлены по нормалям к AB и BC соответственно $\Rightarrow$

$\Rightarrow |\vec{E}_{AB}| = E_{ABn}$, $|\vec{E}_{BC}| = E_{BCn} \Rightarrow$

$\Rightarrow |\vec{E}_{AB}| = |\vec{E}_{BC}|$, $\vec{E}_{AB} \perp \vec{E}_{BC}$.

После зарядки AB $\vec{E} = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$



E – диагональ ~~...~~ квадрата со стороной $E_{BC} \Rightarrow$

$\Rightarrow E = \sqrt{2}\, E_{BC}$

До зарядки: $E_0 = E_{BC} \Rightarrow \cancel{\frac{E_0}{E}}\ \frac{E}{E_0} = \sqrt{2}$

Напряжённость увеличилась в $\sqrt{2}$ раз $\approx 1{,}41$ раз

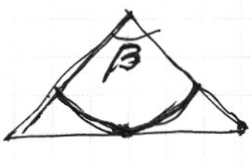
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

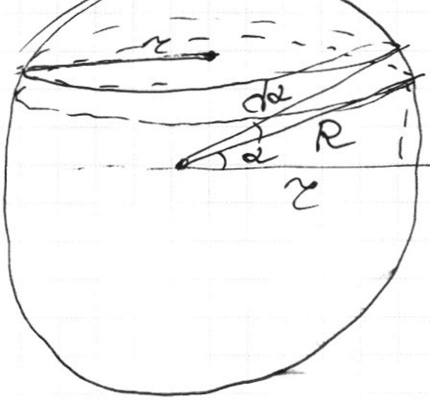
Задача (3) (продолжение)

г) Найдём по отдельности E_{AB} и E_{BC}. Они ~~..~~ направлены по нормалям к ~~E~~ AB и BC.

Когда мы смотрим на бесконечную плоскость, мы видим её под телесным углом как ~~..~~ будто смотрим на полусферу.

Когда мы смотрим на полоску от плоскости, её телесный угол равен телесному углу полоски сферы. Найдём его.



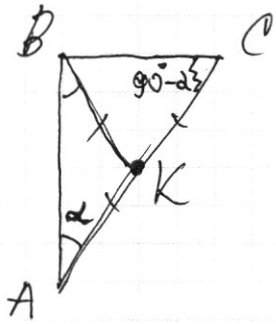


$$d\Omega = \frac{dS}{R^2} = \frac{2\pi r \cdot R\,d\alpha}{R^2} = \frac{2\pi}{R} \cdot r\,d\alpha = 2\pi\cos\alpha\,d\alpha$$

$$\frac{r}{R} = \cos\alpha$$

$$\Omega = 2\pi\int_{-\alpha}^{\alpha}\cos\alpha\,d\alpha = 4\pi\sin\alpha\text{, здесь}$$

$\sin\alpha$ - половина угла, на к-рый опирается полоска, но здесь рассмотрена полоска сферы, а нас интересует полоска полусферы $\Rightarrow \Omega = 2\pi\sin\alpha$.



$\angle AKC = \pi - 2\alpha$, $\angle BKC = 2\alpha$

$\frac{\angle AKC}{2} = \frac{\pi}{2} - \alpha$, $\frac{\angle BKC}{2} = \alpha \Rightarrow$

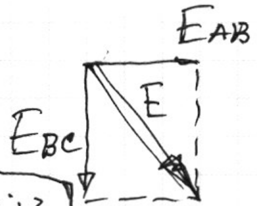
$\Rightarrow \Omega_{AB} = 2\pi\sin\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right) = 2\pi\cos\alpha$,

$\Omega_{BC} = 2\pi\sin\alpha$, Ω_{AB}, Ω_{BC} - тел. углы, под к-рыми видны AB, BC из K.

$E_{AB} = k\sigma\Omega_{AB} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sigma_2\cdot 2\pi\cos\alpha = \frac{\sigma_2\cos\alpha}{2\varepsilon_0}$

$E_{BC} = k\sigma\Omega_{BC} = \frac{\sigma_1\sin\alpha}{2\varepsilon_0}$

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



$E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\frac{\sigma_2^2\cos^2\alpha}{4\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma_1^2\sin^2\alpha}{4\varepsilon_0^2}}$

$E = \frac{1}{2\varepsilon_0}\sqrt{\sigma^2\cos^2\alpha + 2\sigma^2\sin^2\alpha} =$

$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{\cos^2\alpha + 2\sin^2\alpha} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{1+\sin^2\alpha}$, $\alpha = \frac{\pi}{7}$

Ответ: 1) в $\sqrt{2}$ раз. (1,41 раз)

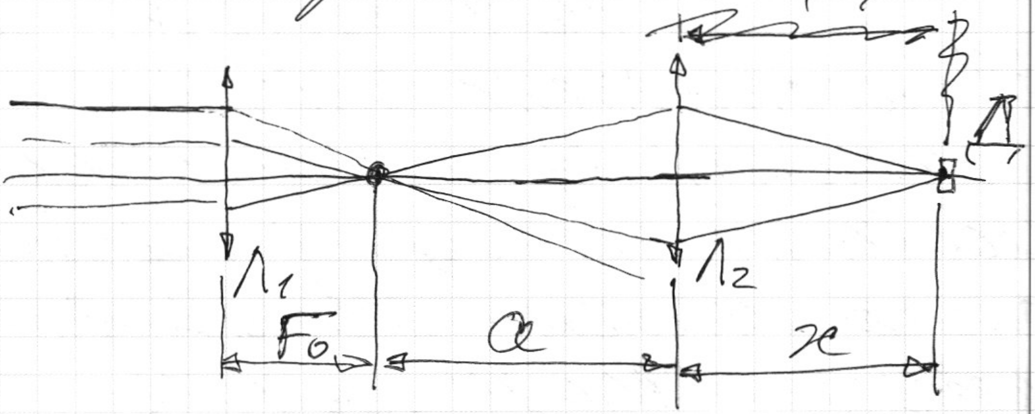
2) $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{1+\sin^2\frac{\pi}{7}}$.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

1) Пучок параллельных лучей преломляется в ~~Л~~ ~~Л~~ $Л_1$ и собирается в фокусе $Л_1$. Потом он ~~...~~ преломляется в $Л_2$ и собирается в Д.



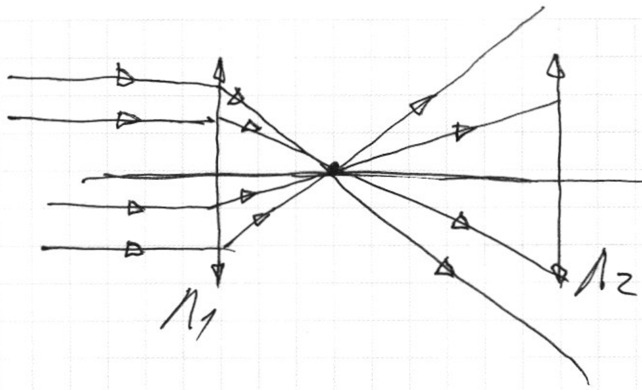
$a + F_0 = 3F_0 \Rightarrow a = 2F_0$

По формуле тонкой линзы

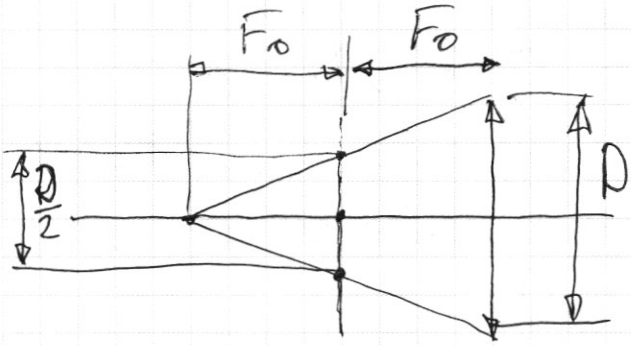
$\frac{1}{a} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow \underline{x = 2F_0}$

2) ~~$I_1 = I_0 \Rightarrow$~~ $I_1 = \frac{3}{4} I_0 \Rightarrow$ мишень загораживает $\frac{1}{4}$ лучей, проходящих через $Л_2$. Мишень находится $2F_0$ от $Л_1 \Rightarrow$ Она находится на расст. F_0 от $Л_2$.

~~По графику видим, что ток начал изменять~~



По ~~построению~~ видно, что лучи ~~находятся на~~ проходят через каждую точку ~~Л~~ $Л_2$.



Пусть d - ~~размер~~ диаметр мишени.

В силу подобия сечение лучей ~~плоскостью~~ мишени имеет диаметр $\frac{D}{2}$, а мишень загораживает четверть лучей $\Rightarrow$ площадь мишени составляет четверть площади сечения $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi\left(\frac{1}{2}\cdot\frac{D}{2}\right)^2\cdot\frac{1}{4}$$

$$\frac{d^2}{4} = \frac{1}{4}\cdot\frac{D^2}{4}\cdot\frac{1}{4} \Rightarrow d^2 = \frac{D^2}{16} \Rightarrow d = \frac{D}{4}.$$

По графику видно, что при $t\in(0;\tau_0)$ I изменяется $\Rightarrow$ при $t\in(0;\tau_0)$ мишень „залезала" в ~~область~~ лучей $\Rightarrow$ $v\tau_0 = d \Rightarrow$

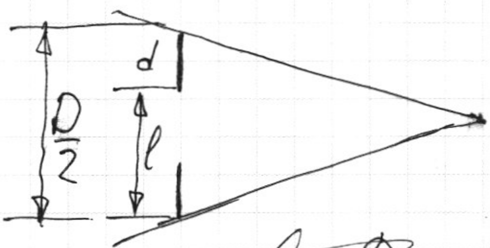
$$\Rightarrow v = \frac{d}{\tau_0} = \frac{D}{4\tau_0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5 (продолжение)

3) По графику понимаем, что при $t=t_1$ линза начинает „вылезать" из области лучей $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ $v(t_1-\tau_0)=l$, l-расстояние, к-рое прошла линзы полностью внутри области лучей.



$$l+d=\frac{D}{2} \Rightarrow l=\frac{D}{2}-\frac{D}{4}=\frac{D}{4}$$

$\cancel{l+D=\frac{d}{2}}$

$$v\cdot(t_1-\tau_0)=\frac{D}{4} \Rightarrow \frac{D}{4\tau_0}(t_1-\tau_0)=\frac{D}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_1-\tau_0=\tau_0 \Rightarrow t_1=2\tau_0$$

Ответ: 1) $2F_0$

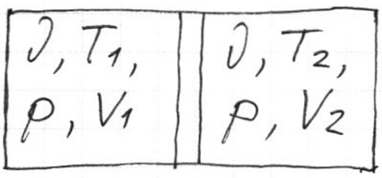
2) $v=\frac{D}{4\tau_0}$

3) $t_1=2\tau_0$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

1)



~~V_1, V_2 – температуры~~

V_1, V_2 – начальные объёмы азота и кислорода соответственно.
По условию процесс происходит медленно, поэтому будем считать, что начальное состояние близко к равновесному $\Rightarrow$ в начале давления азота и кислорода равны. Обозначим это давление за p.
Запишем уравнения состояния в начальный момент:

$$pV_1 = \nu R T_1, \quad pV_2 = \nu R T_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{500} = \frac{3}{5}.$$

2) Сосуд теплоизолирован $\Rightarrow$ суммарная энергия газов не изменилась.
Нач. энергия: $U_1 = \nu C_V T_1 + \nu C_V T_2 = \nu C_V (T_1 + T_2)$
Конеч. энергия: $U_2 = \nu C_V T + \nu C_V T = 2\nu C_V T$

T - установившаяся температура. $U_1 = U_2 \Rightarrow \nu C_V(T_1+T_2) = 2\nu C_V T \Rightarrow$

$\Rightarrow T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{300+500}{2} = 400K$

3) Пусть Q - искомое кол-во теплоты, A_N - работа, совершённая азотом, ΔU_N - изменение энергии азота. Система замкнута $\Rightarrow$ сколько ~~Q~~ теплоты отдал кислород, столько получил азот $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ По первому началу термодинамики $Q = A_N + \Delta U_N$.

$\Delta U_N = \nu C_V(T - T_1) = \nu C_V \frac{T_2 - T_1}{2}$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{5}$

2) $T = 400K$

МФТИ

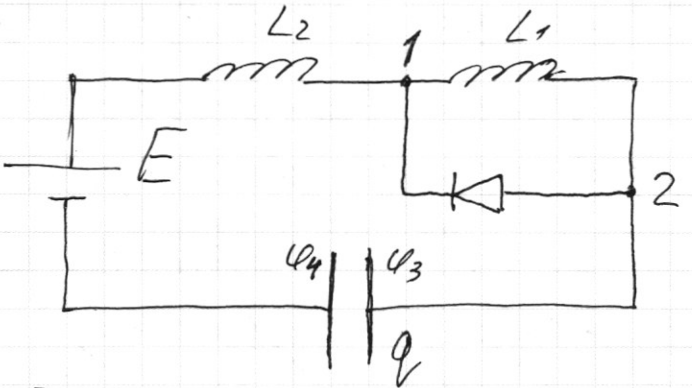
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4

Пусть q – заряд правой обкладки конд-ра



φ_3 – потенциал правой обкладки φ_4 – левой.

~~З-н Ома:~~

Рассмотрим моменты времени, когда диод закрыт. По з-ну Ома:

$\varphi_4-\varphi_3+\cancel{E+2}L_1\dot I+L_2\dot I=0$

$\varphi_3-\varphi_4=\frac{q}{C}$ (ток положительной по часовой)

$\frac{q}{C}+\cancel{2}\dot I(L_1+L_2)-E=0$

$\dot I=\ddot q$

$\frac{q-EC}{3LC}+\ddot q=0$ $\qquad \ddot q=\frac{d^2}{dt^2}(q-EC)$

$\omega=\sqrt{\frac{1}{3LC}}$

$q=EC+A\cos\omega t$ $\qquad t=0:\ q=0\Rightarrow A=-EC$

$\cancel{q\geq EC}$ $\qquad q=EC(1-\cos\omega t)\Rightarrow$

$\Rightarrow I=\omega EC\sin\omega t=\sqrt{\frac{1}{3LC}}\,EC\sin\omega t=\sqrt{\frac{C}{3L}}\,E$

$\dot I=\omega^2EC\,\cancel{\sin\omega t}\cos\omega t=\frac{E}{3L}\cos\omega t$

~~$\varphi_1 - \varphi_2 + L_1\dot{I} = 0$~~

~~$\varphi_1 - \varphi_2 + \frac{E}{3}\cos\omega t = 0 \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{E}{3}\cos\omega t$ - напряжение на диоде.~~

Пока ~~конденсатор~~ "правая" обкладка конд-ра увеличивает свой заряд, ток через диод не течёт. Когда конденсатор зарядится, ток поменяет направление и начнёт течь через диод, не протекая через L_1. ~~В данном слу-~~ ~~чае~~ Т.е. когда диод открыт, мы имеем колебательный контур с ёмкостью C и индуктивностью $L_2 = L \Rightarrow$ ~~период этого~~ $\Rightarrow \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ - частота такого процесса.

Пол периода первого процесса ~~заряд~~ конденсатор заряжается, пол периода второго - разряжается $\Rightarrow T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{3LC} + \pi\sqrt{LC}$ (т.к. $T_1 = \frac{2\pi}{\omega}$, $T_2 = \frac{2\pi}{\omega_1}$)

$T = (\sqrt{3}+1)\pi\sqrt{LC}$.

2) Через катушку L_1 течёт ток только когда диод закрыт. В прошлом пункте выведено уравнение $I(t)$ при закрытом диоде.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

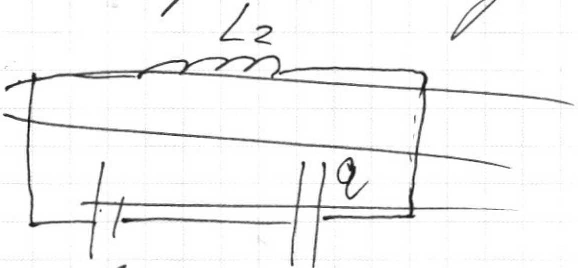
Задача (4) (продолжение)

$I = \omega EC \sin\omega t$, где $\omega = \frac{1}{\sqrt{3LC}} \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{M1} = \frac{EC}{\sqrt{3LC}} = \sqrt{\frac{C}{3L}}E.$

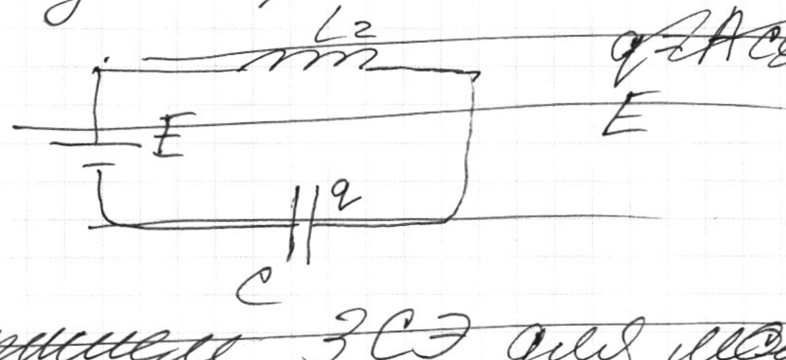
3) ~~Для открытого диода:~~

~~Те~~



Из уравнений $q = EC(1-\cos\omega t)$, $I = \omega EC\sin\omega t$ определяем, что в момент ~~открытия ди~~ перемены направления тока $q = EC$.

Диод открыт:

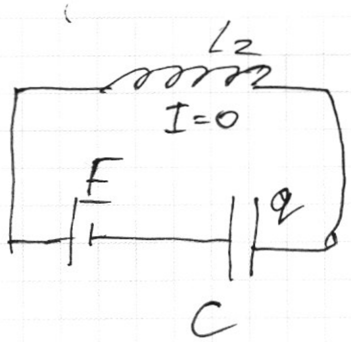


~~$q = A\cos\omega t$~~

E

~~Запишем ЗСЭ для моментов, когда ток поменял направление~~

Запишем ЗСЭ:



$L_2 = L$

$$\frac{LI_{M2}^2}{2} + E\cdot(-q) = \frac{q^2}{2C}$$

~~q-з~~ $q = EC$. Дело в том, что ток через катушку максимален тогда, когда конденсатор разряжен.

$$\frac{LI_{M2}^2}{2} = Eq + \frac{q^2}{2C} = E^2C + \frac{E^2C^{\cancel{2}}}{2\cancel{C}} = \frac{3}{2}E^2C$$

$$I_{M2}^2 \cdot L = 3E^2C$$

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

Ответ: 1) $T = (\sqrt{3}+1)\pi\sqrt{LC}$

2) $I_{M1} = \sqrt{\frac{C}{3L}}E$

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

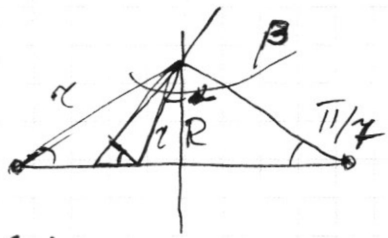
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$r = \frac{R}{\cos\alpha}$

$$\frac{dS\cos\alpha}{r^2} = \frac{l\,dr\cos\alpha}{\cos\alpha\, r^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \text{ при } \beta = \pi$$

$$= l\frac{dr}{r^2} \qquad dr = r\,d\alpha$$

$$l\frac{r}{r^2}d\alpha = l\frac{d\alpha}{r} = \frac{l}{R}\cos\alpha\, d\alpha$$

$$\int_{-\alpha}^{\alpha}\cos\alpha\, d\alpha = \sin\alpha - \sin(-\alpha) = 2\sin\alpha$$

$\cancel{\alpha = \frac{\pi}{2}\ \Omega}$ $\qquad \Omega = 2\sin\alpha\cdot\frac{l}{R}$

$\cancel{E_n = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot 2\sin\alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sin\alpha\ k\sigma\cdot 2\sin\alpha}$

$Q = \Delta U_{N_2} - A_к$

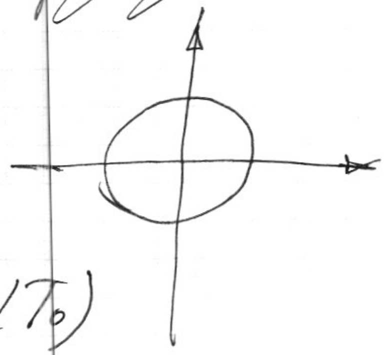
$pV_N = \nu RT_N \qquad pV_0 = \nu RT_0 \qquad \cancel{p = nkT}$

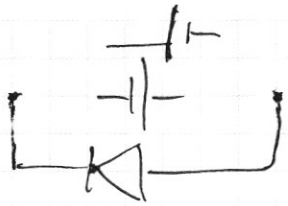
$pdV_N = -pdV_0$

$pdV_N + V_N dp = \nu R dT_N$

$pdV_0 + V_0 dp = \nu R dT_0$

$V_N dp + V_0 dp = \nu R(dT_N + dT_0)$

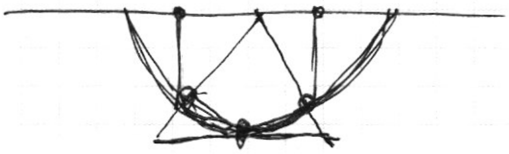




$\tau_1 = \cancel{4}2\pi\sqrt{3LC}$

$q = \varepsilon C \sin\omega t$, $\omega = \frac{1}{\sqrt{3LC}}$

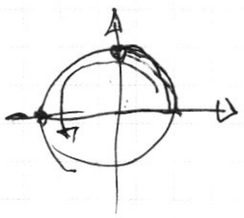
$I = \omega\varepsilon C\cos\omega t$

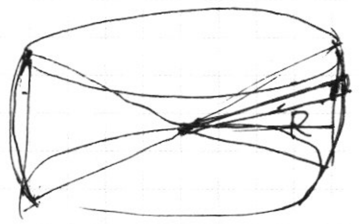


$\frac{\beta}{\pi}$

$\cancel{\varepsilon}_{2}$ 4π

$L\dot{I}$

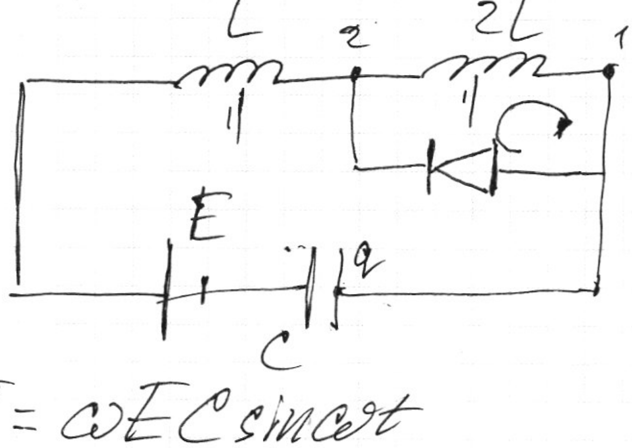




$\cancel{R}_{2}$

$2\pi R\cos\alpha$

$\frac{V_1'}{V_2'} = \frac{T_1}{T_2}$ $pV_1 = \nu RT_1$ $pV_2 = \nu RT_2$



$I = \varepsilon C\omega\cos\omega t$

$\dot{I} = -\omega^2\varepsilon C\sin\omega t$

$\varphi_2 - \varphi_1 + \varepsilon_i = 0$

$\varphi_2 - \varphi_1 + L\dot{I} = 0$

$\varphi_1 - \varphi_2 = -\omega^2 LC\varepsilon\sin\omega t$

$I = -\varepsilon C\omega\cos\omega t$

$I = \omega EC\sin\omega t$

$\dot{I} = \omega^2 EC\cos\omega t$ $\varphi_1 - \varphi_2 + L\dot{I} = 0$

$L\dot{I} = L\cdot\frac{1}{3LC}\cdot CE\sin\omega t = \frac{E}{3}\cos\omega t$

$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{E}{3}\cos\omega t$ $\frac{\pi}{2}$

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$A + \Delta U_1 = Q_1$

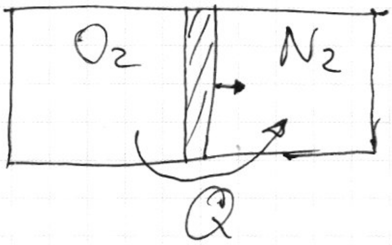
$-A + \Delta U_2 = -Q_1$

$\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$

$2A = 2Q_1$

$A = Q_1 - \Delta U_1$

$2Q_1 - \cancel{2}\Delta U_1 = 2Q_1$



$O_2: -Q = A + \Delta U_{O_2}$

$N_2: Q = -A + \Delta U_{N_2}$

$2Q = \Delta U_{N_2} \cancel{+} \Delta U_{O_2} - 2A$

$A = -Q - \Delta U_{O2}$

$2Q = \Delta U_{N2} + \Delta U_{O2} + 2Q + \cancel{2}\Delta U_{O2}$

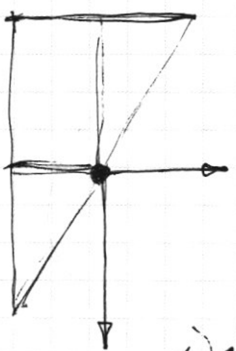
$-2A = 2Q + 2\Delta U_{O2}$

$-A = Q -$

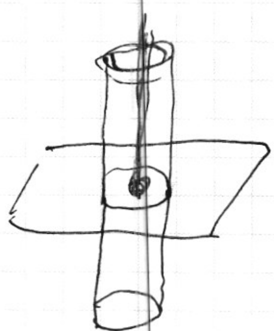
$Q = \nu C_p \Delta T$

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

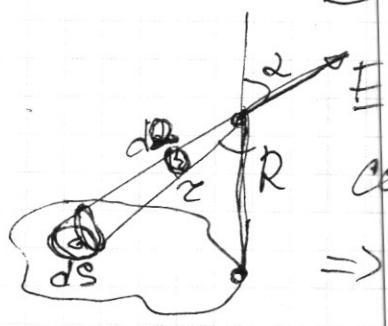
3)



1) $\sqrt{2}$



$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$



$\cos\alpha = \frac{R}{r} \Rightarrow$

$\Rightarrow r = \frac{R}{\cos\alpha}$

$r^2 = \frac{R^2}{\cos^2\alpha}$

$dE_n = \frac{k\sigma dS}{r^2}\cos\alpha =$

$\cancel{= k\frac{\sigma dS}{R^2}\cos^3\alpha}$

$= k\sigma \cancel{\ \ } d\Omega$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

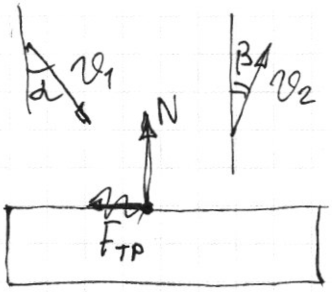
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

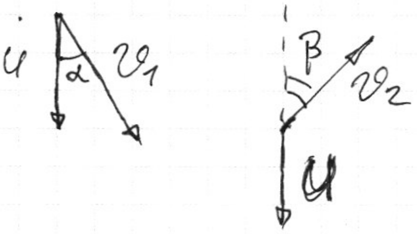
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



$v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$

$v_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} v_1 = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} v_1 = \frac{3}{2} v_1$

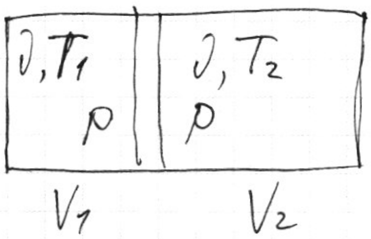


$v_2 \cos\beta \geq u$

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

$= \cancel{\sqrt{3}} \frac{\sqrt{3}}{2}$

2)



$pV_1 = \nu R T_1$

$pV_2 = \nu R T_2$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$

$\cancel{C\,\nu RT}\ \nu C_v T_1 + \nu C_v T_2 = 2\nu C_v T$

$2T = T_1 + T_2$

$T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{300+500}{2} = 400$ $\qquad T_2 - T = \frac{2T_2 - T_1 - T_2}{2} = \frac{T_2-T_1}{2}$

$\cancel{Q = A}\ \cancel{\nu R}\ Q = \nu C_v T_2 - \nu C_v T = \nu C_v (T_2 - T) =$

$= \nu C_v \frac{T_2 - T_1}{2} = \frac{3}{7} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8{,}31 \cdot \underbrace{\frac{500-300}{2}}_{100} =$

$= \frac{3 \cdot 5 \cdot 830}{7 \cdot 2}$

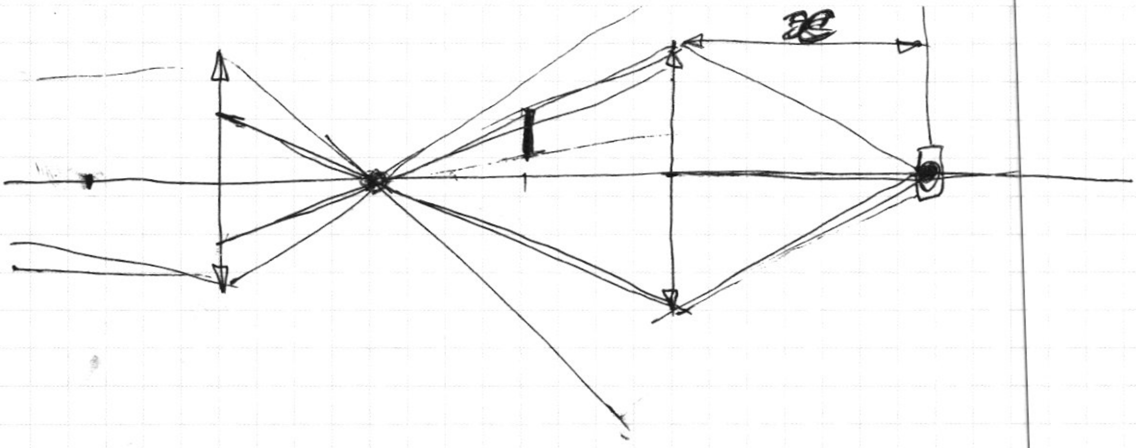
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

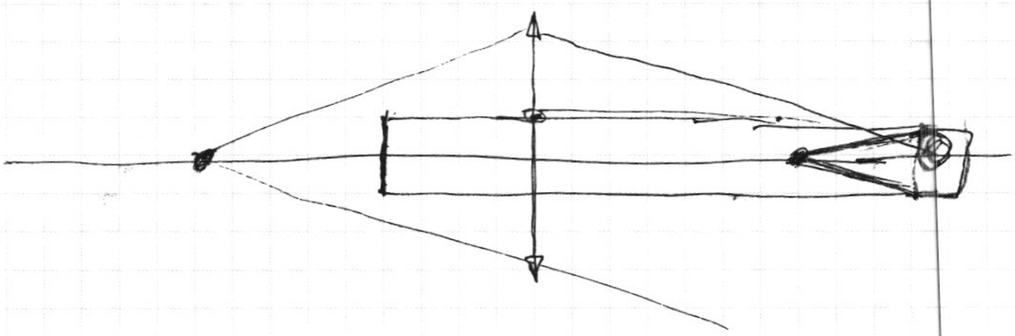
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

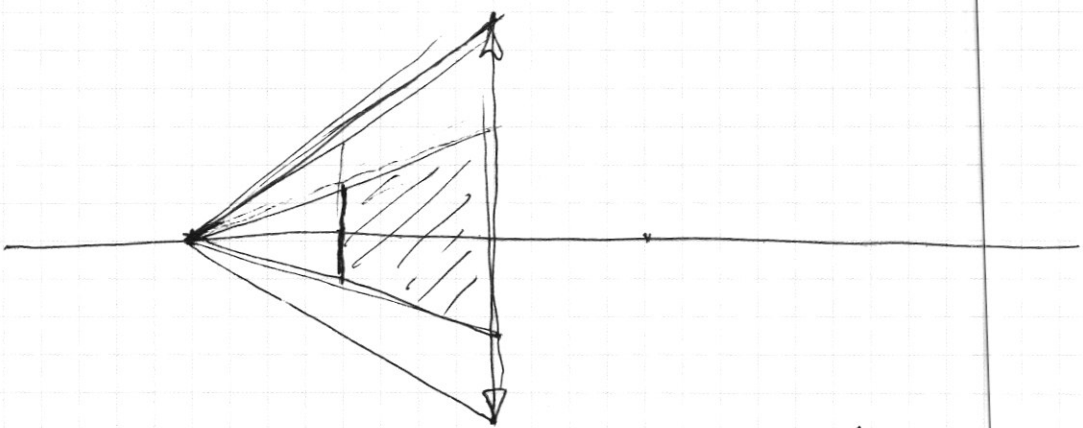
ШИФР

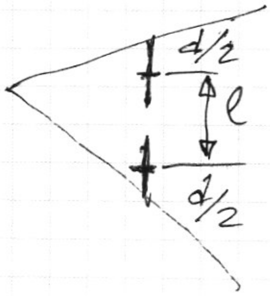
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА









$D - d = l$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$$\varphi_1 - \varphi_2 + L\dot{I} = 0$$

$$\varphi_2 - \varphi_1$$

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)