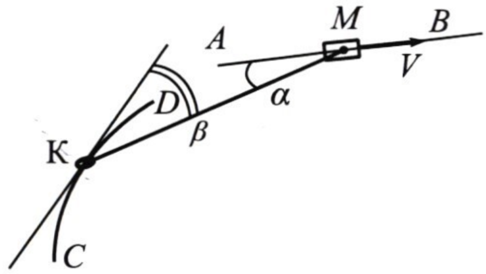
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

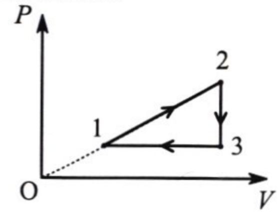
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол $\alpha (\cos\alpha = 4/5)$ с направлением движения муфты и угол $\beta (\cos\beta = 8/17)$ с направлением движения кольца.



1) Найти скорость кольца в этот момент.
2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.



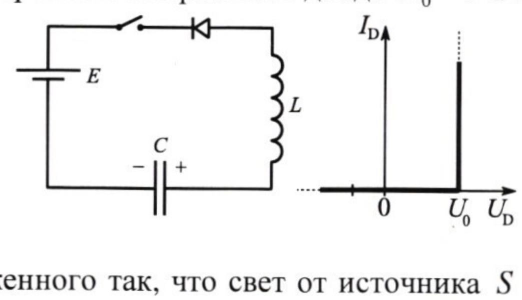
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \dfrac{|q|}{m}$.
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

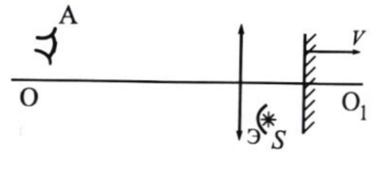
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ от линзы.



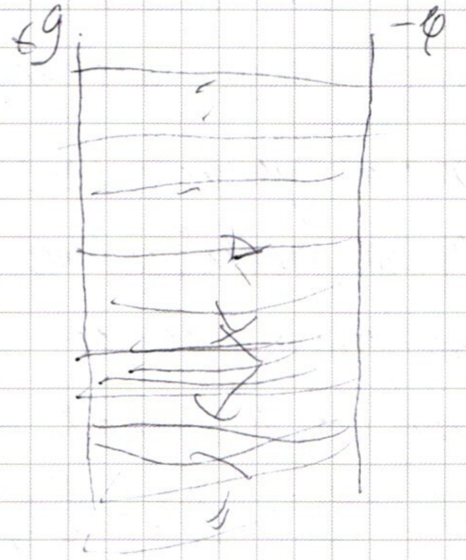
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3..



☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

№2

Дано:

Решение:

I). Т.к. газ одноатомный, его $i = 3$ (i - степень свободы), так что в изохорном процессе (2-3 в цикле) его молярная теплоёмкость $C_V = \frac{3}{2}R$ $(\frac{i}{2}R)$, в изобарном процессе (по формуле Майера) его молярная теплоёмкость равна $C_p = \frac{i+2}{2}R = \frac{5}{2}R$. Процесс же ~~(1-2)~~, состоящий из участка, проходящего через начало координат, есть процесс, в котором давление газа изменяется прямопропорционально объёму, молярная теплоёмкость этого процесса для одноатомного газа равна $C = 2R$. (*)

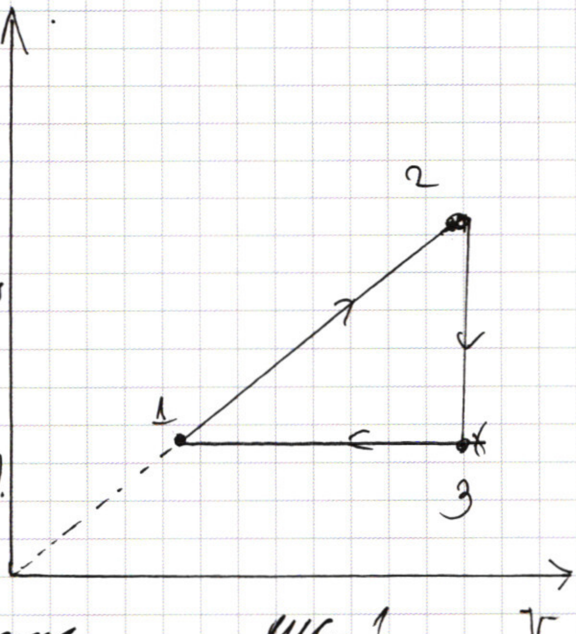


рис. 1

1). Понижение температуры газа происходило на участках 2-3 (изохорный процесс) и на участке 3-1 (изобарный процесс). Отношение молярных теплоёмкостей на этих участках равно ~~$\frac{1}{\gamma} = \frac{3}{}$~~

$\frac{1}{\gamma} = \frac{C_V}{C_p} = \frac{3}{5}$. ($\gamma$ - пост. Пуассона для одноатом. газов)

2). ~~Пусть T_0 начальная~~ Из закона ~~сохранения~~ (изменения) энергии, или же I-ого закона термодинамики, получим:
$Q = \Delta U + A$, где Q - кол-во подведённой теплоты, ΔU - изменение...

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (~~продолж~~ продолжение)

... внутренней энергии газа; A – совершенная газом работа.

Из п. I. ясно, что $Q = C \cdot \Delta T \nu$, где ΔT – изменение температуры, ν – кол-во молей газа

$Q = 2R\nu\Delta T$. Изменение внутренней энергии (т.к. газ одноатомный) равно $\Delta U = \frac{i}{2}\nu\Delta T = \frac{3}{2}\nu\Delta T \cdot R$. Тогда работа, совершенная газом $A = Q - \Delta U = \frac{1}{2}\nu\Delta T \cdot R$. Итак, отношение изменения внутр. энергии газа к работе газа равно $\frac{\Delta U}{A} = \frac{3/2\,\nu R\Delta T}{\frac{1}{2}\nu R\Delta T} = 3$.

3). По определению (η – коэффициент полезного действия в двигателе) $\eta = \frac{A_{газа}}{Q_Н} = \frac{Q_Н - |Q_Х|}{Q_Н}$, где $Q_Н$ – кол-во её теплота от нагревателя (~~в процессах где газ нагревался цикл~~

, $Q_Н$ соотв. процессам, где ~~газ~~ газ нагревался, получил теплоту (1–2 в цикле на рис. 1), $A_{газа}$ – работа газа за весь цикл, $Q_Х$ – кол-во теплоты, отведенного от газа в ходе его охлаждения. (процессы 2–3 и 3–1 в цикле на рис. 1). $Q_Х = Q_{2-3} + Q_{3-1}$. (Q_{2-3} – кол-во теплоты, отведенного от газа в проц

№ 2 (продолжение)

– в ходе процесса 2-3.

$Q_н = Q_{1-2}$. Пусть T_0 – начальная температура газа.
а n – кол-во раз, во сколько изменилось давление и объем в ходе процесса 1–2 (они изменились оба в n раз).

Тогда из уравнения состояния газа в т. 1 и 2 получим:

$p_0 V_0 = \nu R T_0$, где P_0, V_0 - начальное давление и объем газа (в точке 1, с неё отсчет цикла).

$n p_0 n V_0 = \nu R T_2$.

Тогда $T_2 = n^2 T_0$. в точке 3. $V_3 = V_2 = n V_0$, а $P_3 = p_0$, Тогда $p_0 n V_0 = \nu R T_3$ (уравнение сост. газа в т. 3) – т.е. $T_3 = n T_0$. Запишем $Q_н$ и $Q_х$ через изменения температур и соответствующие процессам молярные теплоемкости:

$Q_н = Q_{1-2} = 2 R T_0 \nu (n^2 - 1)$; $Q_х = Q_{2-3} + Q_{3-1}$.

$Q_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R (n - n^2) T_0 = -\frac{3}{2} \nu R (n^2 - n) T_0$; $Q_{3-1} = \frac{5}{2} R \nu (1 - n) T_0 =$

$= -\frac{5}{2} R \nu T_0 (n-1)$. Тогда получим для η:

$$\eta = \frac{Q_н - |Q_х|}{Q_н} = \frac{2 R \nu T_0 (n^2-1) - \frac{3}{2} R \nu T_0 (n^2 - n) - \frac{5}{2} R \nu T_0 (n-1)}{2 R T_0 \nu (n^2 - 1)} =$$

$$= \frac{2n^2 - 2 - \frac{3}{2} n^2 + \frac{3}{2} n - \frac{5}{2} n + \frac{5}{2}}{2(n^2-1)} = \frac{1}{4} \left(\cancel{4n^2} \frac{n^2 - 2n + 1}{n^2 - 1} \right) = \frac{1}{4} + \frac{2-n}{n^2-1}.$$

~~Рассмотрим функцию~~ $\cancel{f(x) = \frac{2-x}{x^2-1}}$. ~~Её производная равна~~

$\cancel{f'(x) = \frac{-(x^2-1) - (2-x)(2x)}{(x^2-1)^2} = \frac{x^2 - 4x + 1}{(x^2-1)^2} =}$

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 3
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2 (продолжение).

$$** \ldots = \frac{1}{4}\left(\frac{(n-1)^2}{n^2-1}\right) = \frac{1}{4}\left(\frac{n-1}{n+1}\right) = \frac{1}{4}\left(1-\frac{2}{n+1}\right).$$ ~~При n → ∞~~

очевидно, что $\eta_{max} = \frac{1}{4}$ при $n \to \infty$.

Ответ: 1) Отношение равно $\frac{1}{\gamma} = \frac{3}{5}$ или $\gamma = \frac{5}{3}$; 2) отношение равно $\frac{\Delta U}{A_{газ}} = \frac{C_0 - C_V}{C_1 - C_V} = 3$. 3) $\eta_{max} = \frac{1}{4}$, при $n \to \infty$, где ~~n - показатель того, во сколько~~

№ 4.

Дано:

$U_1 = 9$ В

$E = 6$ В.

$U_0 = 1$ В.

$L = 0,4$ Гн.

1) $\dot{I}_L(0) = ?$

2) $I_{L max} - ?$

3) ~~U_2~~ = ?

$U_C(\infty) = U_2 = ?$

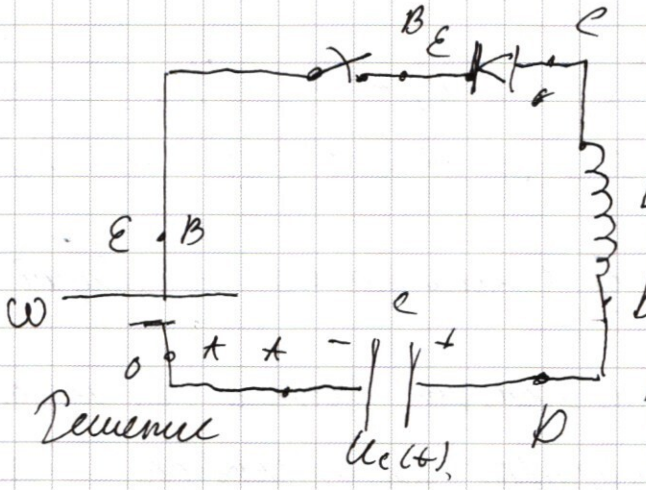


рис. 2.

Решение

1) Сразу после замыкания ключа ток через катушку $I_L(t)$ и напряжение на конденсаторе $U_C(t)$ скачком не изменяется $\Rightarrow$ $I_L(0) = 0$; $U_C(0) = U_1$. Т.к. тока нет на катушке, его нет и во всей цепи, значит и через диод он также не течёт, ~~что~~ напряжение на нём равно нулю $U_D = 0$ (1).

2) Используем метод узловых потенциалов (Далее - М.У.П.), ~~примем за нулевой~~ ~~при~~ принимая ~~за~~ нулевой потенциал...

потенциал точку A: $\varphi_A = 0$. Тогда $\varphi_B = \mathcal{E}$, $\varphi_C = \mathcal{E}$ (в силу (1)), и $\varphi_D = U_1 = U_c(0)$ (см. рис. 2.)

Напряжение на катушке индуктивности в этот момент времени равно $\varphi_D - \varphi_C = U_1 - \mathcal{E} = U_L(0)$. По закону ~~э.д.с.~~ самоиндукции на катушке верно:

$L\dot{I}_L(t) = U_L(t)$, где L - индуктивность катушки, $\dot{I}_L(t)$ - скорость изменения тока через катушку. Тогда $\dot{I}_L(0) = \frac{U_L(0)}{L} = \frac{U_1 - \mathcal{E}}{L}$.

$\underline{\dot{I}_L(0) = \frac{9В - 6В}{0{,}4 Гн} = 7{,}5\ А/с.}$

2). Запишем закон изменения энергии ~~в~~ для данной цепи

$A_б = \Delta W_{C(C)} + \Delta W_L + Q$. Т.к. в цепи нет ~~рез~~ резистивности, $Q = 0$ $\forall t \in (0; \infty)$. $A_б$ - работа Э.Д.С. батареи

~~Заря~~ Заряд в цепи постоянен (общий) и равен $q(0) = CU_1$.

Пусть в нек. момент времени (до установ. режима) конденсатор разрядился до ~~к~~ заряда CU_C, при этом ток в катушке индуктивности максимален. Тогда через батарею прошел заряд $q_б = C(U_1 - U_{\mathcal{E}})$, причем ~~от положительной~~ против ~~и~~ ~~от~~ положительного направления, от "+" к "-" на батарей

Тогда $A_б = -\mathcal{E}q_б = \mathcal{E}C(U_{\mathcal{E}} - U_1)$ Запишем закон изменения энергии

$$C\mathcal{E}(U_{\mathcal{E}} - U_1) = \frac{LI_{max}^2}{2} - 0 + \frac{CU_{\mathcal{E}}^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{LI_{max}^2}{2} = (U_c - U_1)(2C\mathcal{E} - U_1 - U_{\mathcal{E}})_{(2)};\quad \frac{LI_{max}^2}{2} = C(-U_c^2 + U_c(\cancel{2}\mathcal{E} - \cancel{U_1}) + U_1^2 - U_1\mathcal{E})$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4(продолжение)

Найдем максимум функции $f(U_C) = \left(-U_C^2 + U_C(2\mathcal{E}) + U_1^2 - 2U_1\mathcal{E}\right)\cdot\frac{C}{2}$

~~она~~ Эта функция — парабола с вершиной в точке

$U_C = \left(\mathcal{E};\ \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{U_1^2 C}{2} - \frac{2U_1\mathcal{E}C}{2}\right)$. Т.е. макс. значение функц

$f(U_C) = \frac{C\mathcal{E}^2 + U_1^2 C - U_1 2\mathcal{E}C}{2}$. Тогда максимально и значение $\frac{LI_{max}^2}{2}$ (из (2)), а значит и ток через катушку:

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{C}{2}\left(\mathcal{E}^2 + U_1^2 - 2U_1\mathcal{E}\right) \Rightarrow$$

$I_{max} = \sqrt{\frac{C}{L}}(U_1 - \mathcal{E})$. Далее будет доказано, что достичь данного значения невозможно, т.к. уже при $U_C = U_0 + \mathcal{E}$ ток в цепи прекратится, т.к. на диоде будет достигнуто пороговое напряжение. Так что максимальный ток через катушку ~~равен знач~~ будет при $U_C = \mathcal{E} + U_0$ (ближайшая точка (возможно допустимая) к вершине — экстремуму функции $f(U_C)$.) и он находится из:

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{C}{2}\left(-(U_0+\mathcal{E})^2 + (U_0+\mathcal{E})(2\mathcal{E}) - 2\mathcal{E}U_1 + U_1^2\right)$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{C}{L}\left(\mathcal{E}^2 - U_0^2 - 2\mathcal{E}U_1 + U_1^2\right)} = \boxed{\sqrt{\frac{C}{L}(\mathcal{E}-U_1-U_0)(\mathcal{E}-U_1+U_0)}}.$$

№ 4 (продолжение).

3) При $t = \infty = t_{уст}$. Ток в цепи перестанет течь, напряжение на конденсаторе меняться не будет $U_2 = U(\infty) = const$. При этом конденсатор будет разряжаться до тех пор, пока диод будет открыт, т. е до момента $\varphi_C - \varphi_B = U_0$. Далее ток течь перестанет, значит и при $t_{уст}$ $\varphi_C - \varphi_B = U_0$. Т. к. ток не течет в цепи, он не течет и через катушку $\Rightarrow$ $\dot{I}_L = 0 \Rightarrow$ (из-за явл. самоиндукции) $U_L = \varphi_D - \varphi_C = 0$. Это значит, что $\varphi_D - \varphi_B = U_0$, а т. к. $\varphi_B = \mathcal{E}$ $\forall t \in (0; +\infty)$ (мы так исп. МУП.), то $\varphi_D = \mathcal{E} + U_0 = 6В + 1В = 7В$. Заметим, что $U_2 = \varphi_D - \varphi_A = \varphi_D \Rightarrow U_2 = 7В$.

Ответ: 1) $I_L(0) = \frac{U_1 - \mathcal{E}}{L} = 7{,}5$ В/Гн; 2) $I_{max} = \sqrt{\frac{C}{L}(U_0 + U_1 - \mathcal{E})(U_1 - U_0 - \mathcal{E})} = \approx 1{,}41 \cdot 10^{-2}$ А.; 3) $U_2 = \mathcal{E} + U_0 = 7В$.

№ 1. (см. продолжение)

Дано:

$V = 2м/с$.

$m = 0{,}4кг$.

$R = 1{,}9м$.

$\alpha = \arccos 4/5$

$\beta = \arccos 8/17$.

1) $U_к = ?$

2) $U_{отн} = ?$

3) $T = ?$

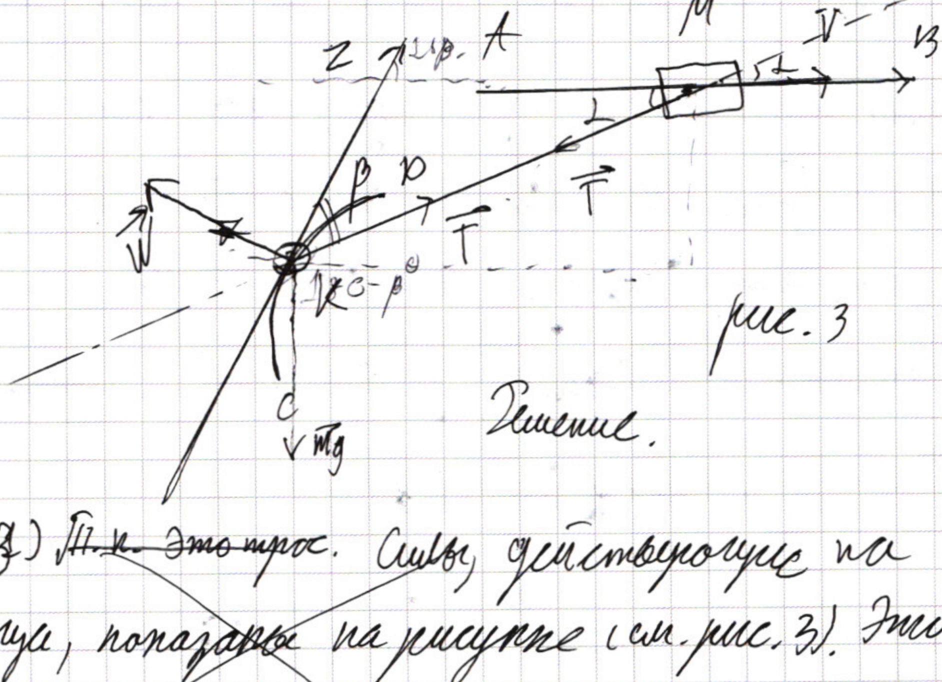


рис. 3

Решение.

3) ~~Т. к. это трос.~~ Силы, действующие на кольцо, показаны на рисунке (см. рис. 3). Это сила тяжести, сила реакции опоры со стороны проволоки ($\vec{N}$), направлено перпен. опоре и сила натяжения троса нити $\vec{T}$ (~~...~~ ...

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (продолжение)

(2.о.о.

a' – расстоя от главн. опт. оси до изображения опт. системы.

~~Тогда по т. Пифагора иск. расстояние от плоскости линзы~~

Расстояние от изображения до плоскости линзы есть $\underline{\underline{\ell = \frac{9}{4}F}}$

3). Очевидно, что при дальнейшем движении зеркала мнимый источник S' будет смещаться вправо вдоль г.о.о. Тогда ~~из-за~~ и изображение в опт системе „линза - зеркало" будет двигаться тоже вправо, к фокусу, а также вверх к г.о.о., т.к. поперечное увеличение будет уменьшаться.

~~Пусть~~

4) Найдем скорость мнимого источника S'. Известно, что отн. линзы скорости S и S' симметричны отн оси зеркала. Перейдем в С.С. зеркала. Тогда источник движется влево со скоростью V (влево) $\Rightarrow$ S' движется со скоростью V (~~вправо~~) вправо. Тогда (по закону сложения скоростей) в С.С. Земли S' будет двигаться вправо со скоростью $2V$. Т.к. мнимый источник S' движется вдоль главной оптической оси, то изображение опт. системы движется вдоль г.о.о. со скоростью $2V\Gamma^2$, $V_{S''_x} = 2V \cdot (3/4)^2 = \frac{25}{8}V$. Найдем, как движется изображение опт. системы S'' перпенди-

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№ 5 (продолжение)

.. примерно опт. системы.

Пусть за малое время Δt. источник S' прошел расстояние $\Delta d = V\Delta t$. Найдем $\Delta a' = a\Delta\Gamma$, где Γ — поперечное увеличение источника.

$\Gamma_0 = \frac{F}{d-F}$; $\Gamma_k = \frac{F}{d+\Delta d-F} \Rightarrow \Delta\Gamma = \frac{F(\Delta d)}{(d-F)(d+\Delta d-F)} \approx \frac{2FV\Delta t}{(d-F)^2}$. Тогда $\Delta a' =$

$= a\Delta\Gamma = \frac{2FV\Delta t}{(d-F)^2}\cdot a$, а $V_\perp = \frac{\Delta a'}{\Delta t} = \frac{2FV\cdot a}{(d-F)^2}$. Отсюда находим

угол $\angle$ из п. 2). $\angle = arctg\frac{V_\perp}{V_{S''x}} = arctg\frac{16}{25}\frac{F\cdot a}{(4/5)^2F^2} = arctg\frac{a}{F} =$

$= arctg\frac{8}{15}$.

$\left(V_\perp = \frac{25}{8}\cdot\frac{8}{15}V = \frac{5}{3}V\right.$

5) Найдем скорость изображения в данный момент времени.

$V_{S''} =$ По т. Пифагора $V_{S''} = \sqrt{V_\perp^2 + V_{S''x}^2} = \sqrt{\frac{25}{9}V^2 + \frac{625}{64}V^2} =$

$V\sqrt{\frac{40^2+75^2}{24^2}} = \frac{45}{24}V$.

Ответ: 1) $f = \frac{9}{4}F$; 2) $\angle = arctg\left(\frac{8}{15}\right)$; 3) $V = \frac{45}{24}V$.

№ 1. (продолжение.) № 2 продолжение.

.. $u_{отн}^2 = 3{,}89V^2 - 2\,3{,}4\cdot\cos(\angle+\beta)V^2$.

$$\begin{cases}\cos(\angle+\beta) = \cos\angle\cos\beta - \sin\angle\sin\beta\\ \cos\angle = 4/5\\ \cos\beta = 8/17\\ \sin\angle = \frac{3}{5}\\ \cancel{\cos}\sin\beta = \frac{15}{17}\end{cases} \Rightarrow \cos(\angle+\beta) = \frac{4}{5}\cdot\frac{8}{17} - \frac{3}{5}\cdot\frac{15}{17} = \frac{-13}{85}.$$

$\Rightarrow u_{отн}^2 = V^2\left(3{,}89 + \frac{3{,}4\cdot 13}{5\cdot 17}\right) = V^2(4{,}41) \Rightarrow$

$\Rightarrow u_{отн} = \underline{2{,}1V}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1(продолжение) №1 (продолжение)

~~№3 (направлена вдоль троса, а он натянут~~.

1) ~~Т.к. трос~~. Трос ~~лег~~ легок и нерастяжим (т.к. в п.3 нас спрашивают о силе натяжения, а не расстоянии стягивания троса) => Проекции скоростей всех точек троса на ~~его~~ ось троса одинаковы в любой момент времени (кинемат. связь.), в т.ч. и для точек К и М. Значит, то что $V_{KM} = U_{KKM}$, где „КМ" - проекция на ось, связанную с тросом. $V_{KM} = V\cos\alpha$ (см. рис. 3), а $U_{KM} = U_K\cos\beta$. => $V\cos\alpha = U_K\cos\beta$ => $U_K = V\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = V\cdot\frac{4/5}{8/14} = \underline{1{,}4V}$.

2). По закону сложения скоростей (эта формула используется и при решении задачи №5)

$\vec V_{абс} = \vec V_{отн} + \vec V_{п.с.о.}$ Применим закон для нахождения скорости кольца отн. муфты (рис. 4. а):

$\vec U_K = \vec V + \vec U_{отн}$ =>

$\vec U_{отн} = \vec U_K - \vec V$. Из △ABK найдем, что $\angle BAK = \alpha+\beta$, и $AB = V_u$

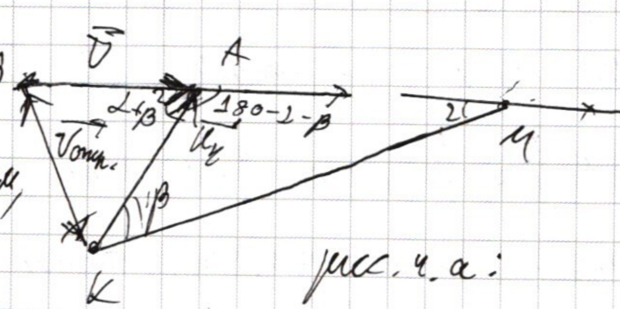


рис. 4. а:

$KA = U_K = 1{,}4V$. Тогда по т. косинусов: $U_{отн}^2 = V^2 + \cancel{2{,}9}\ 2{,}89V^2 - 2\cdot\cos(\alpha+\beta)\cdot 1{,}7V^2$.

см. продолжение.

№5

Дано:

$a = \frac{8}{15}F$

$b = \frac{3}{5}F$

v

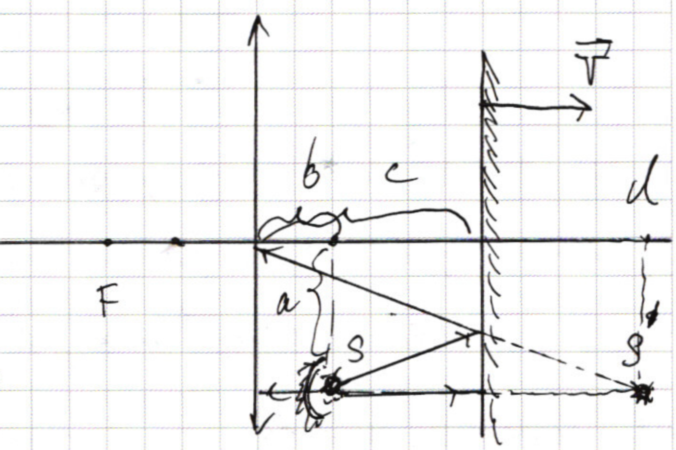
$c = \frac{6}{5}F$

1) $f = ?$

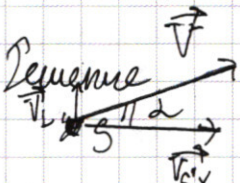
2) $L = ?$

3) $v_{S'} = ?$

рис. 5



Решение



1) Сначала ~~лучи~~ лучи от источника пройдут через зеркало, отражаясь, причем I-ое изображение (S' на рис. 5) будет располагаться симметрично отн. оси зеркала. Расстояние от ист. S до зеркала равно $c-b$, а от зеркала до S' — тоже $c-b$. Так что расстояние от линзы до изображения S' есть $d = b+2(c-b) = 2c-b = 2\cdot\frac{6}{5}F - \frac{3}{5}F = \frac{9}{5}F$.

2) Далее луч (будто от мнимого источника S') проходит через собирающую линзу (она ~~собир~~ собирающая, т.к. в рисунке человек (наблюдатель) находится за пр. сторону линзы от S и S', да и сам факт, что он видит лучи, говорит об этом! ~~Но~~ По формуле тонкой линзы $\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$, где f — искомое расстоян (её проекция) вдоль главной ~~опт~~ опт. оси). Тогда $f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F\cdot 9/5F}{4/5F} = \frac{9}{4}F$.

Поперечное увеличение ист S' в линзе $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5}{4} \Rightarrow a' = \Gamma a = \frac{5}{4}\cdot\frac{8}{15}F = \frac{2}{3}F$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1 (продолжение). №3 продолжение

3) Важно упомянуть, что скорость кольца в силу его связанности с дугой окружности всегда направлена по касательной к ~~точке~~ окружности (линия KZ в задаче, см. рис. 3).

4). Силы действующие на кольцо, расставлены на рисунке. Это сила тяжести ($\vec{mg}$), и сила реакции опоры со стороны дуги ($\vec{N}$) и сила натяжения троса $\vec{T}$ (направлена вдоль троса). У кольца есть центростремительное ускорение, направленное перпендикулярно вектору скорости $a_{ц.с.} = \frac{v_к^2}{R} = \frac{2{,}89 v^2}{R}$ и тангенциальное ускорение $\vec{a_\tau}$, изменяющее скорость кольца. Применим II ЗН:

$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ (II ЗН).

Приняв $a_\tau = 0$, найдем силу $\vec{T}$, спроецировав силы, действующие на кольцо по оси, сонаправленную с линией KZ (см. рис.):

$mg \sin(\alpha+\beta) = T\cos\beta$ (из геометрии рисунка).

$T = \frac{mg\sin(\alpha+\beta)}{\cos\beta}$; $\sin(\alpha+\beta) = \frac{3\cdot 8 + 4\cdot 15}{85} = \frac{84}{85}$

$T = mg\frac{84/85}{8/17} = \frac{21\cdot 8}{5\cdot 2} = 2{,}1mg = 2{,}1\cdot 0{,}4кг\cdot 10м/с^2 = 8{,}4 Н$

Ответ: 1) $v_к = 1{,}7v$; $u_{отн} = 2{,}1v$; 3). $T = 8{,}4Н$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№3

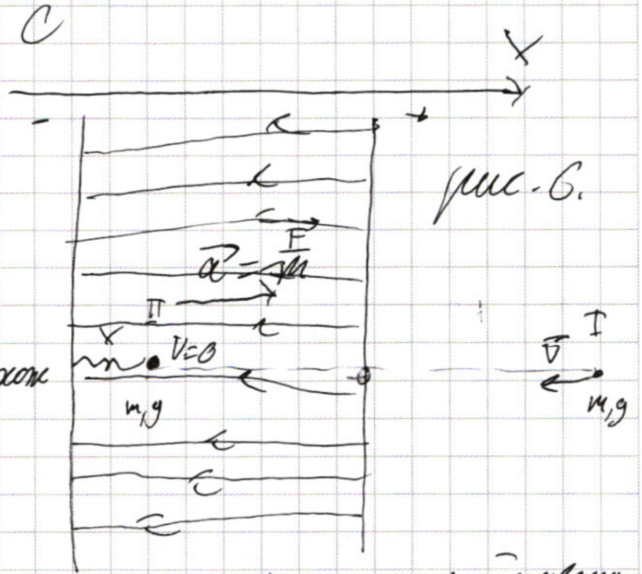
Дано:
d,
$x = 0{,}2d$.
U, V_1.

1) $\gamma = \frac{|q|}{m}$
2) $T = ?$
3) $V_0 = ?$

Решение

Напряженность внутри конденсатора равна (по т. Гаусса):

$E = 2\cdot\frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0} = \frac{q_0}{\varepsilon_0 S}$ ****. При прохож-



дении частицы сквозь пространство конденсатора на него действует постоянная сила, равная по модулю $F = E\cdot|q|$ и направленная против вектора начального движения частицы. Работа этой силы от влета частицы до остановки равна

$$A = F\cdot(d-x) = E\cdot|q|\cdot(0{,}8d) = \frac{q_0|q|\cdot 0{,}8d}{\varepsilon_0 S} = U\cdot|q|\cdot 0{,}8.$$

~~По теореме о~~ Эта работа уходит на изменение кинетической энергии от $E_K(0) = \frac{mv_1^2}{2}$ до $E_K(t) = 0$ => По закону об изменении энергии:

$$U|q|\cdot 0{,}8\cancel{d} = \frac{mv_1^2}{2} \Rightarrow \gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{1{,}6U\cancel{d}}.\ ;\gamma =$$

2) Далее частица будто из состояния покоя начнет двигаться равноускоренно в обратном направлении.

$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ (II ЗН); Применим II ЗН на ось Ox (см. рис. 6)

$F = ma_x \Rightarrow a_x = \frac{F}{m} = \frac{U}{d}\cdot\frac{|q|}{m} = \frac{U}{d}\gamma$; Найдем время, за которое частица пройдет путь $S = d - x = 0{,}8d$, двигаясь равноускоренно.

**** $q_0 = U\cdot\frac{\varepsilon_0 S}{d}$ (заряд на обкладках конденсатора).

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

√ 3 (продолжение)

$S = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2S}{a}}$; $T = \sqrt{\frac{1,6d}{\kappa\alpha \cdot \gamma}} = \underline{d \cdot \sqrt{\frac{1,6}{\kappa\gamma}}}$.

3). Очевидно, что тело внутри конденсатора двигалось с одинаковым по модулю ускорением, сначала замедляясь до нуля, затем разгоняясь. Т.к. при этом пройденные частицей расстояния равны ($S = 0,8d$), то и скорости при влете и вылете будут равны по модулю, и противоположны по направлению $\Rightarrow$ $\underline{V_0 = V_1}$.

Ответ: $\gamma = \frac{V_1^2}{1,6\kappa\alpha}$; ~~$T = \frac{d}{V_1}\sqrt{2,56\,d}$~~ ~~$T = d\sqrt{\frac{1,6}{\kappa\gamma}} = \frac{d}{V}\sqrt{\ }$~~

$T = d\sqrt{\frac{1,6}{\kappa\gamma}} = 1,6\frac{d}{V_1}$; $V_0 = V_1$. *****

***** - После вылета из конденсатора частица будет двигаться равномерно прямолинейно!!

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

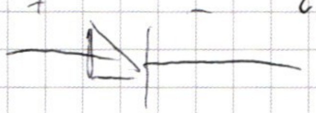
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

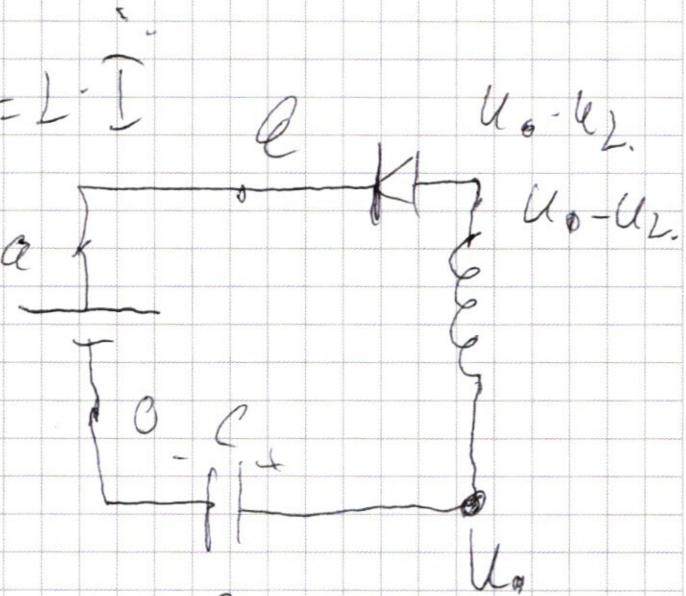
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

Ток будет идти через диод на пол... ...



$q = U \cdot C$



$I_C = I_L = \dot{q}_C = \dot{U}_2 \cdot C$

~~$I = U$~~

U_L. $\quad I = \dot{U}_C C$

$\dot{I} = \frac{U_L}{L}$

$\frac{L I_{max}^2}{2} = \mathcal{E} C(U_2 - U_1) + \frac{1}{2} C (U_2 - U_1)$

375 + 5250

5625 | 25·5·5·9

62 | 225

525

$U_L = C \sin \ldots$

U_C - любое. Время прот зарядки конденсатора очень мало $t \approx \sqrt{LC}$. $\frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{U_2 C}{2} - \mathcal{E}(C U_1 - C U_2)$

$W_0 = \frac{U_1^2 C}{2}$

1600·

$W(t) = \frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{U_2^2 C}{2} - \frac{U_1^2 C}{2} = A_{\mathcal{E}} = \mathcal{E} q$

64·9

640-64

~~576~~.

64·85

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$$\mathcal{E}C(U_2-U_1) = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$\frac{C}{2}(U_2-U_1)(U_2+U_1)$$

$$\cancel{\frac{\mathcal{E}}{2}(2\mathcal{E}+U_2+U_1)(U_1-U_2)} = \frac{LI_{max}^2}{2}.$$

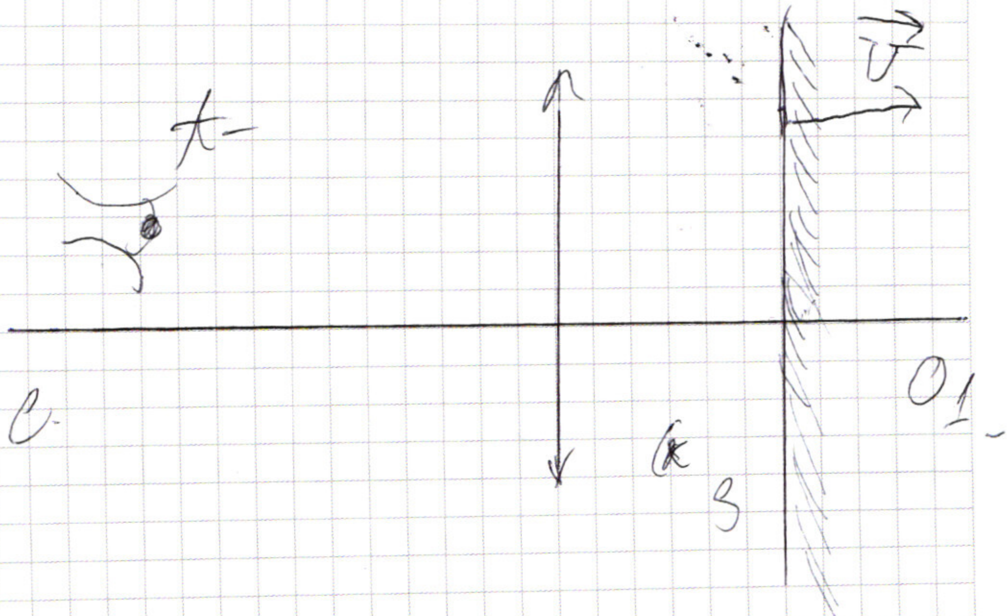
$$x(2+x)(x-b) = \frac{LI_{max}^2}{2k}$$

~~Отбм~~

$$x^2+(-b+2)x-b2 = LI_{max}^2$$

$$\frac{C}{2}(U_2+U_1-2\mathcal{E}).(U_1-U_2) = \frac{LI_{max}^2}{2}$$

№3.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

Дано:

$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S \Delta T}{\Delta t} = \frac{a 2V F}{(d-F)^2}$

$\frac{10^{-5}}{0,4}(1+9-6)(9-1-6)$

$\frac{10^{-5}}{0,1} \cdot 2 = 2 \cdot 10^{-4}$

Решение

$\Delta F = \frac{2V\Delta t\, F}{(d-F)(d+2V\Delta t-F)}^2$

3) $\eta = \frac{Q_H - |Q_x|}{Q_H} = \frac{A}{Q_H}$

$F = \frac{F}{d-F}$ $\quad \frac{2FV\Delta t}{(d-F)^2}$

$T_0 = \frac{F}{\cancel{d-F}}\ \Gamma$

$T_k = \frac{F}{}$ $\quad T_0 = \frac{F}{d-F}$

$\frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_3 - V_1) =$

$F_k = \frac{F}{d+2V\Delta t - F}$

$Q_H = 2R\nu(T_2 \cdot n^2 T_0 - T_0) = 2R\nu(n^2-1)T_0$.

$Q_{x_1} = \frac{3}{2}\nu R(n(n-1)T_0$. ; $Q_{x_2} = \frac{5}{2}\nu R(n-1)T_0$.

$$\eta = \frac{2R\nu(n^2-1)\cancel{T_0} - \frac{3}{2}\nu R(n^2-n)T_0 - 5/2\,\nu R(n-1)\cancel{T_0}}{2R(n^2-1)\nu \cancel{T_0}}$$

$$\frac{2n^2 - 2 - \frac{3}{2}n^2 + \frac{3}{2}n - \frac{5}{2}n + \frac{5}{2}}{2n^2-2} = \frac{\frac{1}{2}n^2 - \frac{1}{2}n + \frac{1}{2}}{2n^2-2}$$ найти max

$$= \frac{1}{4}\left(\frac{n^2-n+1}{n^2-1} = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{(n-2)}{n^2-1}\right) = \frac{1}{4} - \frac{n-2}{n^2-1} = \frac{1}{4} + \frac{2-n}{n^2-1}\right.$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

№4.

Дано:

$\mathcal{E} = 6$ В.

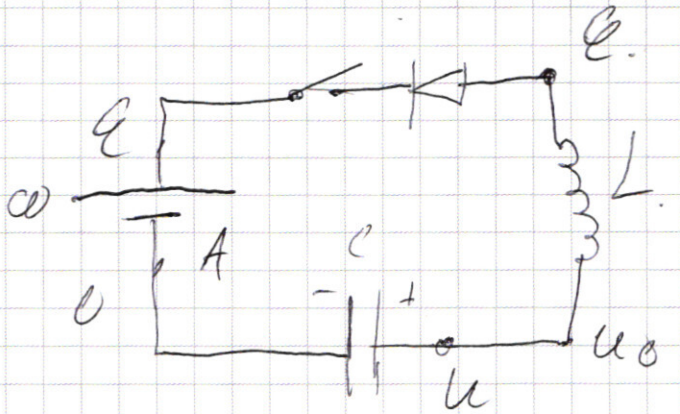
$C = 10^{-6}$ Ф.

$U_1 = 9$ В.

$L = 0{,}4$ Гн.

$U_0 = 1$ В.

1) $\dot{I} = ?$



1) Напряжение на конденсаторе $U_c(t)$ и ток через катушку индуктивности $I(t)$ сразу после замыкания ключа считаем не измен—

Используем метод узл ..., берём за нулевой потенциал т. A см рис

Тогда сраз. тока =>, и напряжение на диоде нет

$L\dot{I} = U_L$. По свойству индуктивности в контуре.

$\Rightarrow \dot{I} = \dfrac{U_0 - \mathcal{E}}{L}$

2) Если ток через катушку максимален, то его производная в этот момент врем..