



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

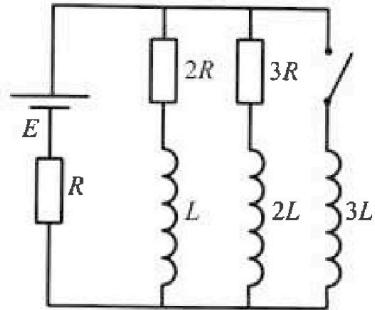


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

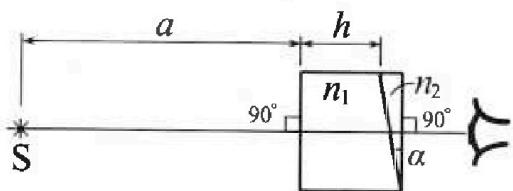
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

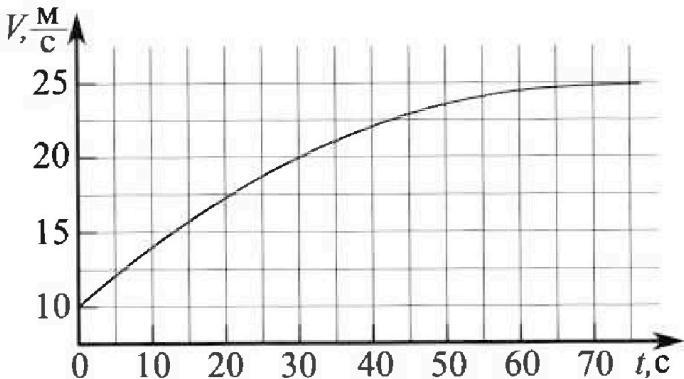


Вариант 11-01

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Автомобиль массой $m = 1800$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.

- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.
- 2) Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .
- 3) Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?



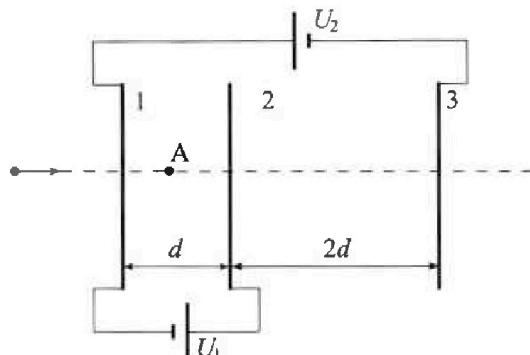
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 4U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$N1. \quad m = 1800 \text{ кг.}$$

$$1) \quad a_1 = \frac{\Delta v_i}{\Delta t} = \cancel{\theta(2)} = \tan \alpha, \quad \text{где } \alpha \text{ угол между осью } \Delta t \text{ и вектором } \vec{v}_i$$

$$\text{характеру в точке } v_i, \Rightarrow a_1 \approx \frac{5 \frac{\text{м}}{\text{с}}} {20 \text{ с}} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$2) \quad \begin{array}{c} \text{F} \\ \text{F}_{\text{comp}} \uparrow \\ \text{F}_i \end{array} \quad \text{но I з.И на оси } x: \quad F_i - F_{\text{comp}} = m a_1, \quad | \Rightarrow \\ F_{\text{comp}} = K v_i \quad | \quad \text{E}$$

$$\text{для момента } v_i: x \rightarrow \quad \leftarrow F_i = m a_1 + K v_i \quad (1)$$

для конца рабочего:

$$a_k = 0 \quad \begin{array}{c} \text{F}_{\text{comp},k} \uparrow \\ \text{F}_k \end{array} \quad \text{но II з.И на оси } x': \quad F_k = F_{\text{comp},k} \quad | \Rightarrow \\ F_{\text{comp},k} = K \cdot v_k \quad | \quad \text{E} \\ \Rightarrow K = \frac{F_k}{v_k} \quad (2)$$

$$(2) \text{ в (1): } F_i = m a_1 + \frac{F_k}{v_k} \cdot v_i \approx 1800 \text{ кг} \cdot 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \\ = 450 \text{ Н} + 400 \text{ Н} = 850 \text{ Н.}$$

$$3) \quad P_i = F_i \cdot v_i = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 850 \text{ Н} = 17000 \text{ Вт} = 19 \text{ кВт.}$$

Ответ: 1) $\alpha = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; 2) $F_i = 850 \text{ Н}$; 3) 19 кВт.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

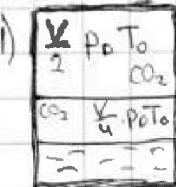


- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N2



Таким образом, значит что в обеих пределах.

т.к. система упомянута находится в равновесии;

то например запишем уравнение Менделеева - Капельсона для

верхней и нижней части газов: $P_0 \cdot \frac{V}{2} = \bar{v}_B \cdot R T_0$ (1)

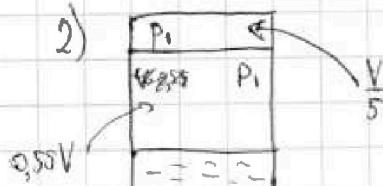
(2) $P_0 \cdot \frac{V}{4} = \bar{v}_H \cdot R T_0$; где P_0 - давление
нижней

а \bar{v}_B и \bar{v}_H - мол-бр
вещества верх и вниз.

запишем 2 такое уравнение:

$$\frac{V}{2} = \frac{\bar{v}_B}{\bar{v}_H} \Rightarrow \bar{v}_B = \frac{\bar{v}_H}{2}$$

2)



т.к. весь расширившийся ранее в 2 раза при температуре

значит $\bar{v}_H' = \bar{v}_H + \bar{v}_D = \bar{v}_H + k_{PO} \cdot \frac{V}{4}$.

также это при $t = T = \frac{5}{4}T_0$ получим

первоначальное давление верхним газом,

наше например

Тогда из Мен.-Капл. (для верхней части): $P_1 \cdot \frac{V}{5} = \bar{v}_B \cdot R T \Leftrightarrow$

(2) для нижней части $\Leftrightarrow P_1 \cdot \frac{V}{5} = 2 \bar{v}_H \cdot R T$

$P_1 \cdot V \cdot 0,55 = \left(\bar{v}_H + k_{PO} \cdot \frac{V}{4} \right) \cdot R T$, где P_1 - это давление нижней части т.е.

можно писать, что $P_1 = P_H + P_D$, где $P_H = 10^5 \text{ Па}$, при $t = 100^\circ \text{C}$.

$$(1) : \quad \frac{V}{5} = \frac{P_0 \cdot S}{2 \cdot P_1} \Rightarrow P_1 = \frac{2S}{8} P_0 \quad \Rightarrow \quad \frac{25}{8} P_0 = P_A + P_D.$$

$$P_D = \frac{RT}{0,55} \left(\frac{\bar{v}_H}{V} + \frac{k_{PO}}{4} \right) \stackrel{(2)}{=} P_0 \left(\frac{RT}{0,55} \left(\frac{1}{4RT_0} + \frac{k}{4} \right) \right) \Rightarrow$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{25}{8} P_0 = P_A + P_0 \left(\frac{RT}{0,55} \left(\frac{1}{4RT_0} + \frac{k}{4} \right) \right) \Leftrightarrow P_0 = \frac{P_A}{\frac{25}{8} - \frac{RT}{0,55} \cdot \left(\frac{1}{4RT_0} + \frac{k}{4} \right)} =$$
$$= \frac{P_A}{\frac{25}{8} - \frac{1}{2,2} \cdot \left(\frac{5}{4} + \frac{10^{-5}}{3} \cdot \frac{\text{недо}}{\text{недо}} \cancel{P_0} \cdot \cancel{333,3 \cdot 10^3} \frac{\text{Дж}}{\text{недо}} \right)} = \frac{P_A}{\frac{25}{8} - \frac{1}{2,2} \cdot \frac{9}{4}} = \frac{P_A \cdot 88}{185}$$

Ответ: 1) $\frac{P_0}{P_A} = 2$; 2) $P_0 = \frac{88}{185} P_A$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

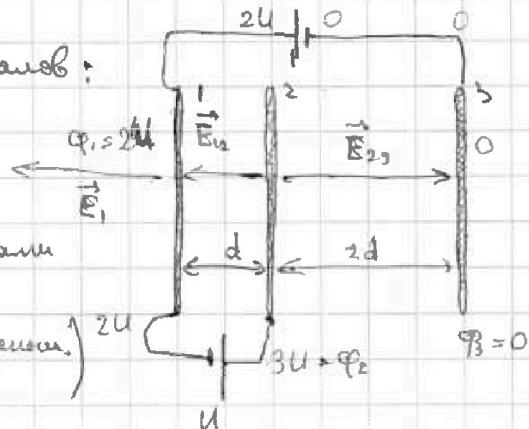
№3) Вспомогательные методы потенциалов:

$$\text{тогда } \Phi_3=0, \Phi_1=24, \Phi_2=34$$

Направление силы между пластинами

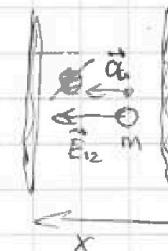
12 направлена вправо (в сторону уменьшения
помещаемой)

а между пластинами 23 вправо.



$$\text{тогда } d \cdot E_{12} = \Phi_2 - \Phi_1 \Rightarrow E_{12} = \frac{U}{d}; \quad \Rightarrow a = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d}$$

$$\text{но } \vec{F} = m \vec{a} \Rightarrow F_{12} \cdot q = m a$$



$$2) A_R = \Delta K \Rightarrow \vec{F}_{12} \cdot \vec{d} = k_2 - k_1$$

т.к. действующая сила

всего одна — \vec{F}_{12} сила внешн.
с помех.

$$\Rightarrow \frac{U}{d} \cdot d \cdot q = k_2 - k_1$$

$$k_1 - k_2 = U \cdot q$$

$$3) \text{ по } 3 \text{УД: } -\frac{m v_A^2}{2} + \frac{m v_B^2}{2} = \frac{E_{12} q \cdot d}{3} \Rightarrow v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{4 q \cdot 2}{3 \cdot m}}$$

$$\text{Решение: 1) } a = \frac{q \cdot U}{m d}; \quad 2) k_1 - k_2 = U \cdot q; \quad 3) v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{4 q \cdot 2}{3 \cdot m}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

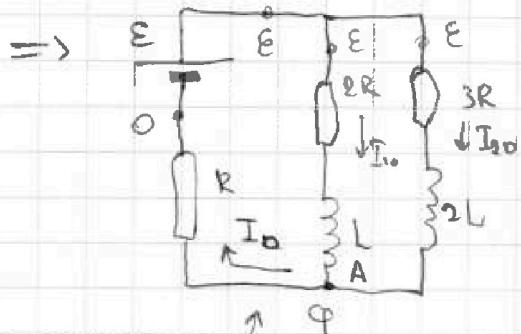
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ.



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№4. 1) Факт разомкнут, что в установившемся режиме \Rightarrow



Т.е. так как катушки не меняются и на них нет
воздействия, то они не изменяются.

$$3\text{B3} \text{ по T.A: } I_0 = I_{10} + I_{20}$$

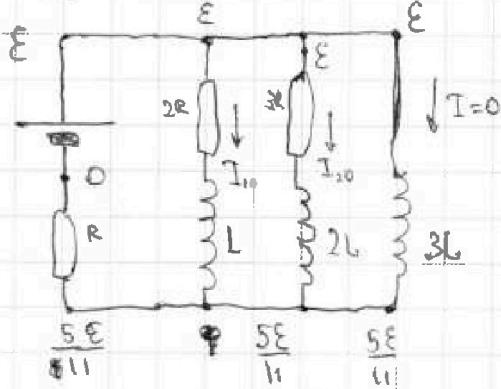
то замыкание $\uparrow \Phi$

$$I_0 = \frac{\Phi}{R}; I_{10} = \frac{E - \Phi}{2R}; I_{20} = \frac{E - \Phi}{3R}$$

$$\Rightarrow 6\Phi = 3E - 3\Phi + 2E - 2\Phi \Rightarrow \Phi = \frac{5E}{11} \Rightarrow I_{10} = \frac{6E}{11 \cdot 2R} = \frac{3E}{11R}$$

2) где Φ замыкание \uparrow справедливо к равенство: $U_{3L} = 3L \cdot I'_{3L}$
смешан. L

сразу же замыкание:



$$\text{Тогда: } I'_{3L} = \frac{U_{3L}}{3L} = \frac{6E}{11 \cdot 3L} = \frac{2E}{11L}$$

но время как I'_{3L} и есть среднее
воздействие тока на $3L$ ($I'_{3L} = \frac{\delta I_{3L}}{\delta t}$)

$$\boxed{3)} \text{ Ответ: 1) } I_{10} = \frac{3E}{11R}; 2) I'_{3L} = \frac{2E}{11L};$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



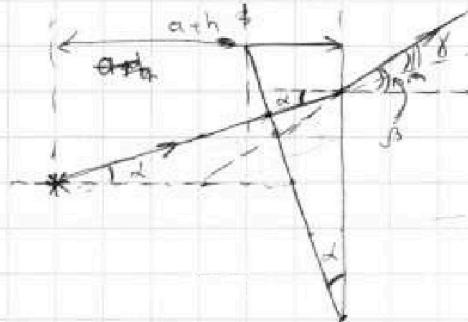
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ.

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

NS. 1) т.к. $n_1 = n_B = 1 \Rightarrow$ при прохождении луча через прозрачную 1, он

не отклоняется \Rightarrow можно рассматривать только 2 прозрач.



луч, падающий перпендикулярно не отклоняется. Если равные углы α (отмеченные на рисунке) \Rightarrow

луч на второй границе падает под углом α .

$$\text{Тогда } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n_2} \Leftrightarrow \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \text{ малое} \quad \frac{1}{n_2} \approx \beta = n_2 \cdot d \approx$$

Тогда ~~на~~ угол отклонение скажем $\delta = \beta - \alpha = d(n_2 - 1) \approx 0,1 \cdot 0,7 \text{ rad} = 0,07 \text{ rad.}$

2) Ответ: 1) 0,07 rad.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



1

2

3

4

5

6

7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

 МФТИ.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

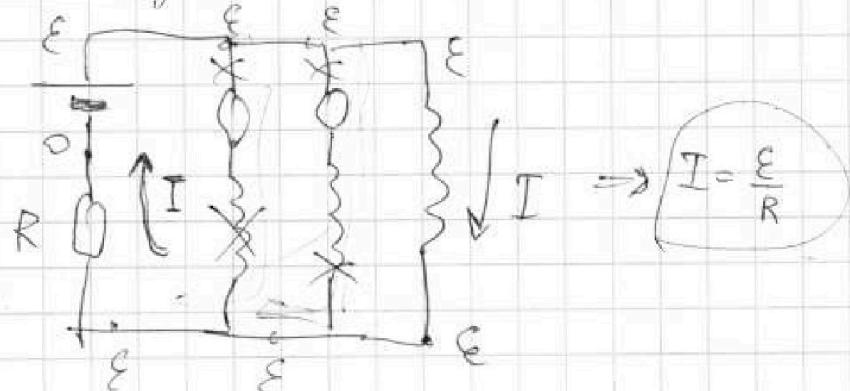
МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

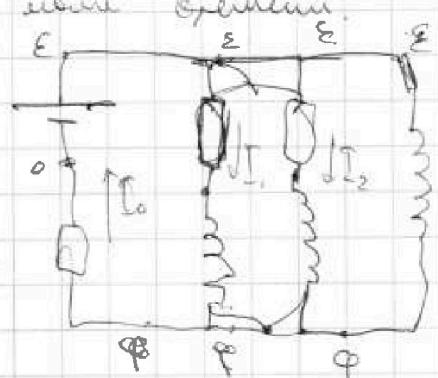
$U = L \cdot I'$ \Rightarrow Имеем уравнение соли $I_{3C} = \text{const.} \Rightarrow$

$$\Rightarrow U_{3L} = 0 \Rightarrow$$

$$W_k = \frac{LI^2}{2}$$



6 задачи решены временно



$$E - \varphi = 3L \cdot I_2'$$

$$I_2 \quad E - \varphi = 2R I_1 + L I_1'$$

$$E - \varphi = 3RI_2 + 2L I_2'$$

$$\varphi = I_0 \cdot R, \quad I_0 = I_1 + I_2$$

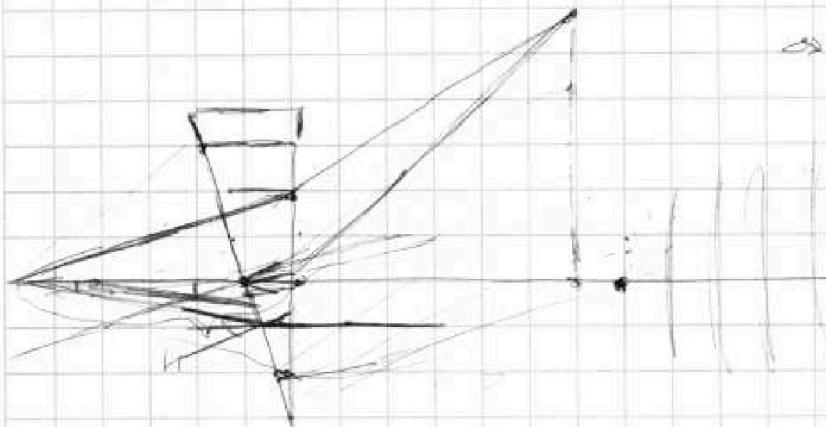
$$E(I_1 + I_2 + I_0)R = 2RI_1 + L I_1'$$

$$\frac{V}{5} = \frac{1}{5}$$

$$1 - \frac{1}{5} - \frac{1}{4} = \frac{1}{1} - \frac{9}{20} = \frac{11}{20} = 0,55.$$

$$\text{отношение между } \frac{I_1}{I_2} = \frac{3}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U = 3L I_1$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$P_f = \frac{25}{8} P_0 - P_A$$

12345 - чекавший.
Род. в. для 26 P_f P_i

$$\frac{25}{8} - \frac{9}{8,8} = \frac{27,5-9}{8,8}$$

$$= \frac{18,5}{8,8} = \frac{185}{88}$$

$$P_0 \frac{V}{4}$$

$$\left(\frac{25 P_0}{8} - P_A \right) V_{0,55}$$

$$\frac{RT_0}{PT} \cdot \frac{J_0}{J_0 + k P_0 \frac{V}{4}}$$

запись

- 1) $2 J_0 = 18$
- 2) $P_i = P_A + P_f$
- 3) $\frac{25}{8} P_0 = P_i$

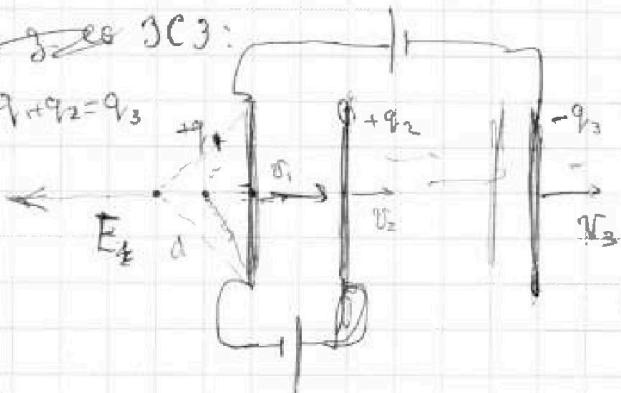
$$P_f = \left(2 J_0 + k P_0 \frac{V}{4} \right) PT$$

$$= \frac{RT}{0,55 V} \left(\frac{P_0}{4 RT_0} + \frac{P_0 k}{4} \right) = \frac{RT}{0,55} \left(\frac{1}{4 RT_0} + \frac{k}{4} \right)$$

$$= \frac{RT}{0,55} \left(\frac{P_0}{4 RT_0} + \frac{P_0 k}{4} \right) = P_0 \left(\frac{RT}{0,55} \left(\frac{1}{4 RT_0} + \frac{k}{4} \right) \right)$$

no 3c3:

Ф



Ф

т.ж. одна прямая

запись $v_2 = 0$

~~т.ж. $v_1 = 0$~~ ~~$k_1 = 0$~~ ~~$k_2 = 0$~~

$k_1 > m \cdot g + k_2$

no 3u3:

$$-\frac{m v_0^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} = \frac{q u}{3} \Rightarrow v_0 = \sqrt{v_1^2 - \frac{2 q u}{3 m}}$$

$$P_A = P_A$$

при $100^\circ C$

запись

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} = E$$

$$E_1 = \frac{q_1}{2 E_0 S}$$

$$E_2 = \frac{q_2}{2 E_0 S} \text{ при } k = \frac{1}{2 E_0 S}$$

$$E = \frac{1}{4 E_0 \cdot E_0} \cdot \delta \cdot S^2 = \frac{1}{3} \cdot S^2 \cdot \frac{1}{4 E_0 \cdot E_0}$$

$$\Rightarrow E_2 - E_1 = E_{21} \quad \dots \quad q_2 - q_1 = \frac{E_{21}}{k}$$

$$E_2 - E_3 = E_{23}$$

$$q_2 - q_3 = \frac{E_{23}}{k}$$

$$E_{22} = 3 q_3 = (E_{23} + E_{13}) k$$

$$q_3 - q_2 = (E_{21} + E_{13}) k$$

$$u_1 = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 u_1}{m}}$$

$$E_{13} = \frac{1}{2} m v_3^2$$

$$q_1 + q_3 = E_{13} k$$

$$q_1 + q_2 = q_3$$