

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



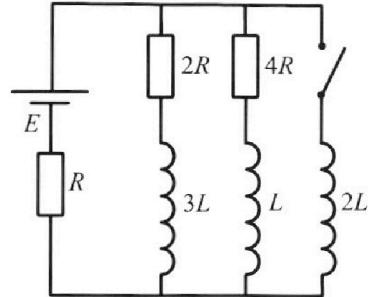
Вариант 11-04

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.

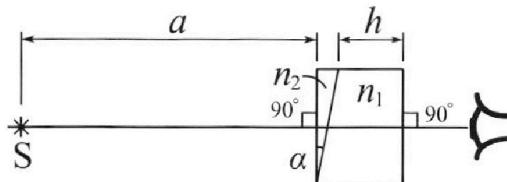
- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с ч и словыми 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 $a = 100$ 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 $h = 14$ 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 $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



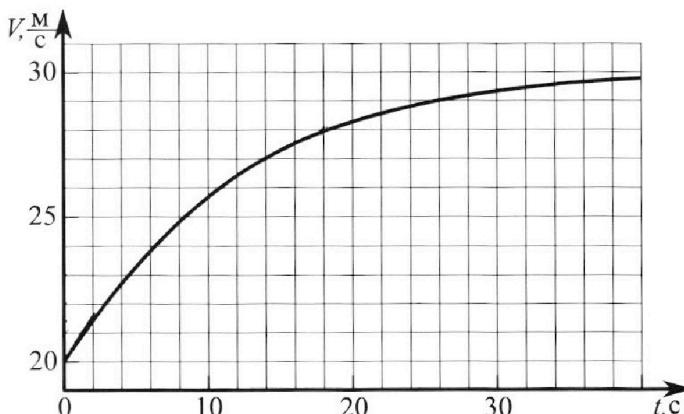


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**
Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 240$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна $F_k = 200$ Н.



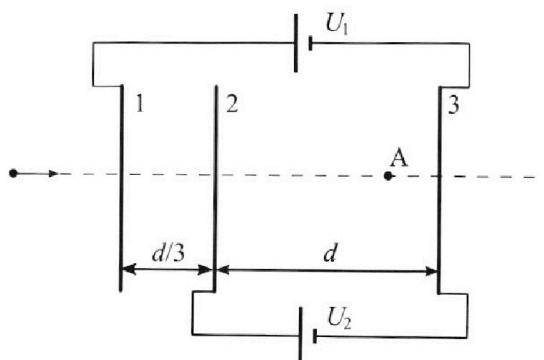
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
 - 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
 - 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность численного ответа на первый 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 $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kp_w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ 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_{ATM} (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 5U$ и $U_2 = U$. 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 2 и 3.
- 2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" 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!

№1

Дано: Решение:

1) Известно, что $a(t) = v'(t)$. Тогда $a(0) = v'(0)$, где $v(0) -$ угл. кофф. касат. к графику в т. с абсциссой 0. Тогда примерно получается, что $a(0) = \frac{21,5-20}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

2) $F_0 = ?$ Тогда $a_0 = a(0) = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

3) $\alpha = ?$ 2. Конец разгона означает, что машина движется без ускорения в его конце. То есть есть сумма сил, действ. на тело равна 0. Силы, действ. на мотоциклиста и сама машина ~~на тело~~ (мотоцикл) - F_T - сила тяги и F_c - сила сопротивл. Тогда

берно по IIЗН: $F_{T0} = F_K$, где F_{T0} - сила тяги в конце разгона.

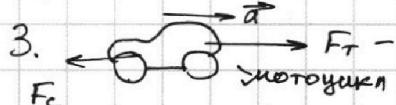
Известно: $N = F_0 \alpha$, причём, $F_K = N = \text{const}$, т.е. тогда $F = \frac{N}{\alpha}$.

Тогда $F_{T0} = \frac{N}{20} (N = \text{const})$, где $N = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Тогда:

$$\frac{N}{20} = F_K \Rightarrow N = F_K 20$$

$$N = 2000 \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 6000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$



По IIЗН:

$\vec{m}\vec{a} = \vec{F}_0 + \vec{F}_{T0}$, \vec{F}_0 - сила сопр. в нач. разгона
 \vec{F}_{T0} - сила тяги в нач. разгона

Тогда $m a_0 = F_{T0} - F_0$

$$\Rightarrow F_0 = F_{T0} - m a_0, \text{ где } F_{T0} = \frac{N}{20}, \text{ где } N = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Rightarrow F_0 = \frac{N}{20} - m a_0 \quad F_0 = \frac{6000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} - 240 \text{кг} \cdot \frac{3}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = (300 - 180) \text{Н} = 120 \text{Н}.$$

$F_0 = 120 \text{Н}$

Ч. Запишем ур-е (*)

$$F_0 = \frac{N}{20} - m a_0 / \cdot 20$$

$F_0 \cdot 20 + m a_0 \cdot 20 = N$. Видно, что машина идёт на преодоление силы сопр. и разгон. Тогда часть преодолеваемой машины, идущая на преодоление силы сопр. в нач. движения:

$$d = \frac{F_0 \cdot 20}{N} \quad d = \frac{120 \text{Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{6000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}} = \frac{60 \cdot 40}{60 \cdot 100} = \frac{4}{10} = 0,4$$

Ответ: 1) $a_0 = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; 2) ~~$N = 6000 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$~~ $F_0 = 120 \text{Н}$; 3) $d = 0,4$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

$\sqrt{2}$

Рано:

$$T = \frac{RT_0}{V} = 343\text{K}$$

$$V; \frac{V}{2}; \frac{3V}{8}; \frac{V}{8}$$

$$k \approx 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{Дж}\cdot\text{м}^3}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$$1) \frac{V_1}{V_2} = ?$$

$$2) P_0 = ?$$

Решение:

1. Равнение в одних часах сосуда в начале - P_0 (иначе по II ЗН портень не киподчинен)

Тогда объём угл. газа в минной части:

$$\frac{V}{2} - \frac{3V}{8} = \frac{V}{8}$$

Считаем что кол-во вен.ва пара в мин. части мало.

Тогда по ур-ю Менделеева-Клапейрона:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2}P_0V = V_1RT_0 \quad (1) \\ \frac{1}{8}P_0V = V_2RT_0 \quad (2) \end{array} \right.$$

$$(1):(2): \frac{\frac{1}{2}P_0V}{\frac{1}{8}P_0V} = \frac{V_1RT_0}{V_2RT_0} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = 4$$

2. Узнали сколько угл. газа растворяется в воде при нагревании угл. газа "выходит" из воды. Тогда вспомо

$$\Delta V = kP_0W \text{ угл. газа}, \text{ где } W = \frac{3V}{8}$$

$$\Rightarrow \Delta V = \frac{3kP_0V_0}{8}$$

Заметим что сосуд нагреем до тем-ры $343\text{K} = 100^\circ\text{C}$. При такой тем-ре вог. пары создают давление Ратм. (оти насту)

Пусть давление в верхней отсеке после нагрева $P + P_{\text{ратм}}$ Тогда оно равно ~~парциал.~~ давл.

б угл. газа в минной отсеке и давления вог. паров. По ур-ю Менделеева-Клапейрона:

$$\cancel{P_{\text{ратм}}} \cancel{P} = \frac{1}{8}(P + P_{\text{ратм}})V = V_2RT \quad (1)$$

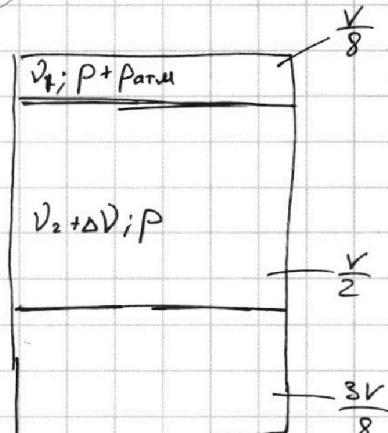
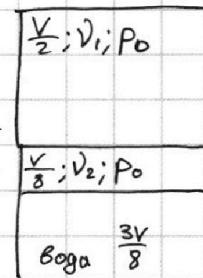
$$\cancel{P} = \frac{1}{2}PV = (V_2 + \Delta V)RT \quad (2) \leftarrow V_2 + \Delta V \text{ газа занимает } \frac{V}{2}$$

Рассл. ур-е (3):

$$V_2RT = \frac{4}{3}V_2RT_0 = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{8}P_0V, \text{ а } \Delta VRT = \frac{3kP_0VRT}{8}$$

Тогда

$$\frac{1}{2}P_0V = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{8}P_0V + P_0 \cdot \frac{3kP_0VRT}{8} \Rightarrow P = P_0 \left(\frac{1}{3} + \frac{3}{4}kRT \right)$$



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 checked="" 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

№2 (продолжение)

$$P = P_0 \left(\frac{1}{3} + \frac{3}{4} kRT \right).$$

$$\text{Пусть } \frac{1}{3} + \frac{3}{4} kRT = d$$

$$\Rightarrow P = dP_0.$$

Рассл. (4) ур-е:

$$\frac{1}{8} (dP_0 + P_{\text{атм}}) V = \frac{4}{3} V_1 RT_0$$

$$(dP_0 + P_{\text{атм}}) V = \frac{8 \cdot 4}{3} \cdot \frac{1}{2} P_0 V$$

$$P_{\text{атм}} = P_0 \left(\frac{16}{3} - d \right)$$

$$P_{\text{атм}} = P_0 \left(\frac{16}{3} - \frac{1}{3} - \frac{3}{4} kRT \right)$$

$$P_{\text{атм}} = P_0 \left(5 - \frac{3}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3} \cdot 3 \cdot 10^{31} \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \right)$$

$$P_{\text{атм}} = P_0 \left(5 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 3 \right)$$

$$P_{\text{атм}} = P_0 \left(\frac{100 - 24}{20} \right)$$

$$P_{\text{атм}} = \frac{43P_0}{20} \Rightarrow P_0 = \frac{20}{43} P_{\text{атм}}$$

P.S. $\text{Па} \cdot \text{м}^3 = \text{Дж}$

Orber: 1) $\frac{V_1}{V_2} = 4$; 2) $P_0 = \frac{20}{43} P_{\text{атм}}$.



- 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!

№3

Рано:

Решение:

$$U_1 = 5U$$

$$U_2 = U$$

$$m, q > 0$$

$$d, \frac{d}{3}, \frac{3d}{4}$$

$$1) A_{23} = ?$$

$$2) K_3 - K_2 = ?$$

$$3) \Sigma A = ?$$

1. Используя метод потенциала постапай какое потенциалы на пластинах (см. рис.).

2. Пусть пластина через источник

1) $A_{23} = ?$ ток U_1 протекает заряд q_1 , а

через $U_2 - q_2$. Тогда

$$q_1 U_1 = q_2 U_2$$

$$5q_1 = q_2$$

$$\text{Пусть } q_1 = q. \Rightarrow q_2 = 5q.$$

Тогда на пластине 1 заряд q ,

на пластине 2 $-5q$

2. Пусть ~~E~~ поле между пластинами

$$1 \text{ и } 2 - E_{12}. E_{12} = \frac{\frac{5U - U}{d}}{\frac{3}{4}} = \frac{12U}{\frac{3}{4}}. E_{23} - \text{напр-сгб поля между пластинами } 2 \text{ и } 3$$

$$E_{23} = \frac{U - 0}{\frac{d}{4}} + \frac{5U - 0}{\frac{4d}{4}} = \frac{U}{\frac{d}{4}} + \frac{15U}{\frac{4d}{4}} = \frac{19U}{\frac{4d}{4}}$$

3. Попав в область между стеками 2 и 3, частица попадает в поле с напр-сгб. $E_{23} = \frac{19U}{\frac{4d}{4}}$. Тогда по II ЗН:

$$mA_{23} = q \cdot E_{23};$$

$$A_{23} = \frac{19qU}{4md}$$

4. По ЗСЭ: $K_3 - K_2 = A_{23}$, где A_{23} - работа электр. сил, действующих на

частицу в поле между пластинами 2 и 3.

$$\Rightarrow K_3 - K_2 = q \cdot \frac{16U}{\frac{4d}{4}} = \cancel{q \cdot d} \cdot \frac{19U}{\frac{4d}{4}} = \frac{19qU}{4}.$$

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между

пластинами

2 и 3.

поля

частицы

в поле

между</p



- 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!

Рано: Решение:

Схема 1. По замыканию

- 1) $I_{20} = ?$
рассчитывая в узле уст.
2) $I_{2L} = ?$ Тогда через L и $3L$
3) $\varphi_{MR} = ?$ Течёт пост. ток и
напр. на них нет.

Используя метод потенц.
расставим потенциалы.

Тогда:

$$I_{20} = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{4R}. \text{ Ток через } \boxed{2R} : I_{2R} = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{2R} = 2I_{20}$$

По ЗСЗ через \boxed{R} проходит ток $I_{20} + 2I_{20} = 3I_{20}$

$$\text{Тогда } 3I_{20} = \frac{\varphi}{R} \Rightarrow \varphi = 3I_{20}R$$

Имеем:

$$I_0 = \frac{\mathcal{E} - 3I_{20}R}{4R} \Rightarrow \boxed{I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{4R}}$$

2. Сразу после замык. ключа ток

через $3L$, L и $2L$ скакком не

поменялся. То есть через L течёт I_{20} , из $3L$ течёт $2I_{20}$,
а через $2L$ ток не течёт. Тогда

по ЗСЗ через \boxed{R} течёт

ток $3I_{20}$ сразу после замык. ключа.

Методом потенц. расставим потенциалы (см. рис.)

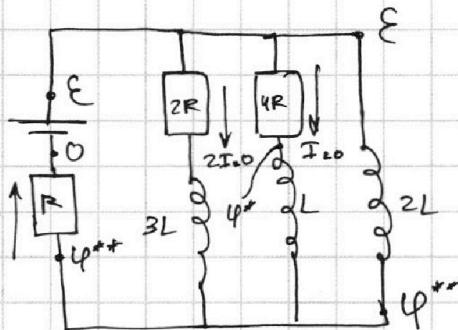
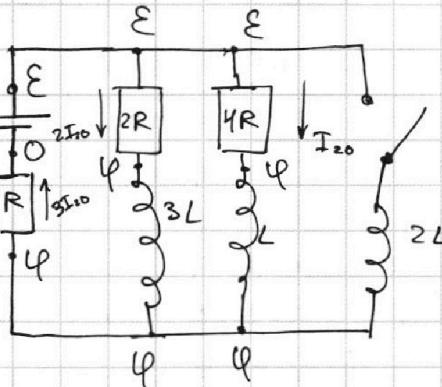
Тогда перво следующее:

$$3I_{20} = \frac{\varphi^{**}}{R} \Rightarrow \varphi^{**} = 3I_{20}R = \frac{3\mathcal{E}}{7}$$

$2L(I_{2L})' = \mathcal{E} - \varphi$, где $(I_{2L})'$ - ср-с76 возраст. тока сразу после замыкания ключа.

$$\Rightarrow \boxed{(I_{2L})'} = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{2L} = \frac{\mathcal{E} - \frac{3\mathcal{E}}{7}}{2L} = \frac{\frac{4\mathcal{E}}{7}}{2L} = \boxed{\frac{2\mathcal{E}}{7L}}$$

3.



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" 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!

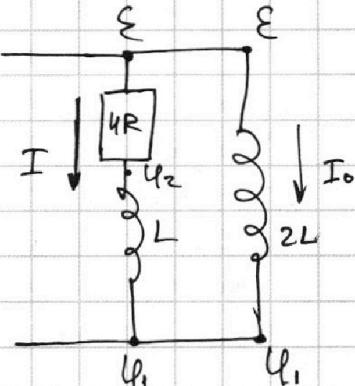
ΔЧ (Продолжение)

3. Рассмотрим фрагмент цепи в
момент установления токов (т.е. после
замыкания ключа и до уст. решения).

Рассставим потенциалы используя
метод потенциалов.

Тогда будем следующее:

$$\underbrace{\mathcal{E} - \varphi_2}_{4IR} + \underbrace{\varphi_2 - \varphi_1}_{LI'} = \underbrace{\mathcal{E} - \varphi_1}_{2LI'}$$



I и I_0 — токи, протек. через $\frac{L}{I}$ и $\frac{2L}{I_0}$
 $\Rightarrow \cancel{4R}$

$$4RI + LI' = 2LI'_0$$

$$4RI + \frac{L\Delta I}{\Delta t} = \frac{2L\Delta I_0}{\Delta t}$$

(*) $4RI\Delta t + L_0I = 2L_0I_0$, где $I\Delta t = \Delta \varphi_{4R}$ — заряд, протекший
просуммируем (*) за Δt через $\cancel{4R}$ — за время Δt .
все времена от замыкания
ключа до установления токов:

$$4R \sum \Delta \varphi_{4R} + \sum L \sum \Delta I = 2L \sum \Delta I_0$$

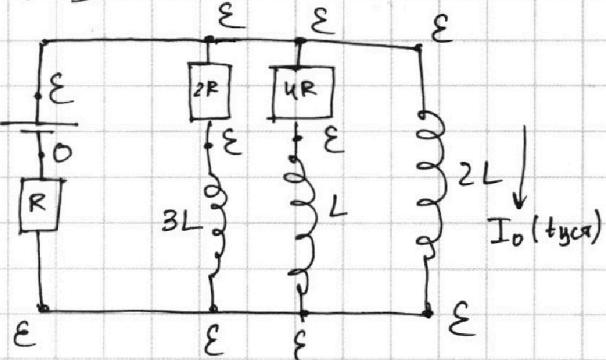
$$q_{4R} \quad L(I(t_{\text{уст}}) - I(0)) \quad 2L(I_0(t_{\text{уст}}) - I_0(0))$$

$$4R q_{4R} + L(I(t_{\text{уст}}) - I(0)) = 2L(I_0(t_{\text{уст}}) - I_0(0))$$

где $I_0(0) = 0$ (в момент замыкания через $2L$ не тек ток).

4. Рассл. цепь в уст. момент.

Напряжения на катушках
стали равны 0 (ток постоянный), E —
тогда разность потенциалов на
них равна 0. Рассставим потен-
циалы, исп. метод. потенц.
Тогда получаем, что через



$\cancel{4R}$ и $\cancel{2R}$ — ток не
текёт (разность потенц. $E - E = 0$). \Rightarrow Через $\cancel{2R}$ ток не текёт
 $\Rightarrow I(t_{\text{уст}}) = 0$.

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 checked="" 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

№4 (Продолжение)

5. Через \boxed{R} течёт ток $I_0(t_{y\alpha})$.

$$\Rightarrow I_0(t_{y\alpha}) = \frac{\epsilon}{R}.$$

Имеем

$$4Rq_{4R} + L(I(t_{y\alpha}) - I(0)) = 2L(I_0(t_{y\alpha}) - I_0(0))$$

$$I(t_{y\alpha}) = 0$$

$$I_0(t_{y\alpha}) = \frac{\epsilon}{R}$$

$$I_0(0) = 0$$

~~$$\Rightarrow I(0) = I_{20} = \frac{\epsilon}{4R}$$~~

Тогда:

$$4Rq_{4R} = 2L\left(\frac{\epsilon}{R} \cdot 0\right) - L\left(0 - \frac{\epsilon}{4R}\right)$$

$$4Rq_{4R} = \frac{2L\epsilon}{R} + \frac{L\epsilon}{4R} = \frac{15L\epsilon}{4R}$$

$$\Rightarrow q_{4R} = \frac{15L\epsilon}{28R^2}$$

Ответ: 1) $I_{20} = \frac{\epsilon}{4R}$; 2) $I_{2L} = \frac{2\epsilon}{4L}$; 3) $q_{4R} = \frac{15L\epsilon}{28R^2}$

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 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!

№ 5

Дано:

$$n_1; n_2$$

$$n_B = 1,0$$

$$a = 100 \text{ см}$$

$$\Delta = 0,1 \text{ rad}$$

$$h = 14 \text{ см}$$

$$1) n_1 = n_B = 1,0$$

$$n_2 = 1,4$$

$$\Delta = ?$$

$$2) n_1 = n_B = 1,0$$

$$n_2 = 1,4$$

$$SS^* = ?$$

$$3) n_1 = 1,4$$

$$n_2 = 1,4$$

$$SS^* = ?$$

Решение:

$$1) n_1 = n_B = 1,0; n_2 = 1,4. \text{ Так как } n_1 = n_B, \text{ то луч}$$

света пройдет из первой призмы во второй призмы в воздухе луч не преломится.

Запишем 3-й Гюйгенса:

$$n_2 \sin d = n_1 \sin \theta, \text{ где } d - \text{угол падения}$$

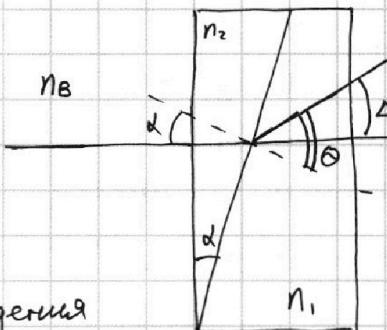
луча на грани призмы (он равен именно d из геометрии рисунка)

Т.к. углы малы, то $\sin d \approx d, \sin \theta \approx \theta$.

$$\Rightarrow \frac{n_2}{n_1} d = \theta.$$

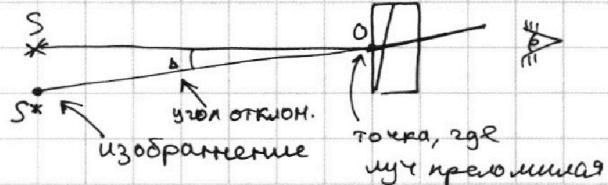
Угол на который луч отклонился $\Delta = \theta - d$

$$\Rightarrow \Delta = d \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \quad \Delta = 0,1 \text{ rad} \cdot \left(\frac{1,4}{1,0} - 1 \right) = 0,1 \text{ rad} \cdot 0,4 = 0,04 \text{ rad}$$



2) (После грани призмы n_1 и n_2 угол идет без преломления)

2) В силу малости углов SS^* и SS^* -предмет и его изображение будут лежать на одной прямой, перпендикулярной „источник-глаз“.



Тогда $\tan \Delta = \frac{SS^*}{SO} \Rightarrow SS^* = SO \tan \Delta, \text{ где } \tan \Delta \approx \Delta, \text{ т.к. } \Delta \text{ мал}$

$$\Rightarrow SS^* = 100 \text{ см} \cdot 0,04 = 4 \text{ см}$$

3) 3-й Гюйгенса: $(n_1 = 1,4)$

$$n_2 d = n_1 \beta; \beta = \frac{n_2}{n_1} d$$

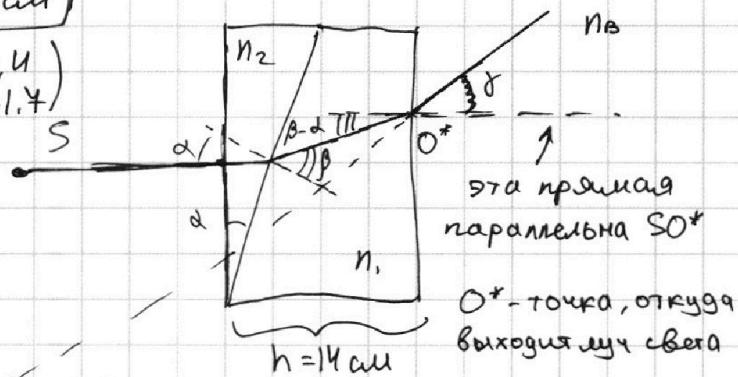
$$n_1 (\beta - d) = n_B \gamma$$

$$\gamma = n_1 \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) d = n_B \delta$$

$$\gamma = \frac{(n_2 - n_1) d}{n_B}$$

В силу линейности углов: S^{**}

~~$\tan \gamma = S^{**} / S$~~ и S лежат на прямой, перп. прямой „источник-глаз“.



эта прямая параллельна SO^*

O^* -точка, откуда

выходит луч света

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!

№5 (Продолжение)

Тогда верно, что $\operatorname{tg} \delta = \frac{SS^{**}}{SO^*} \Rightarrow SS^{**} = SO^* \operatorname{tg} \delta$, где $\operatorname{tg} \delta = \gamma$,
т.к. δ - мал

$$SO^* = a + h \Rightarrow SS^{**} = (a + h) \left(\frac{n_2 - n_1}{n_B} \right) d$$

$$SS^{**} = (100 + 14) \left(\frac{1,4 - 1,4}{1} \right) \cdot 0,1 = \frac{114 \cdot 0,3 \cdot 0,1}{114 \cdot 0,3 \cdot 0,1 \text{ см}} = 114 \cdot 0,03 \text{ см} = 3,42 \text{ см}$$

114
3 =

Ответ: 1) ~~0,0414~~ $\Delta = 0,0414 \text{ см}$; 2) $SS^{**} = 7 \text{ см}$; 3) $SS^{**} = 3,42 \text{ см}$.

$$(100+14) \cdot 3 = \\ = 300+42 = 342$$

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

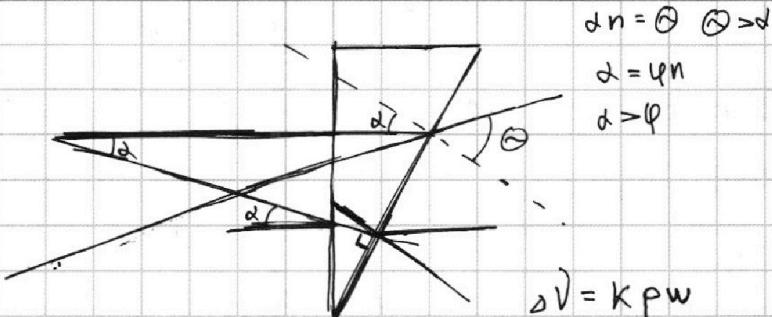
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

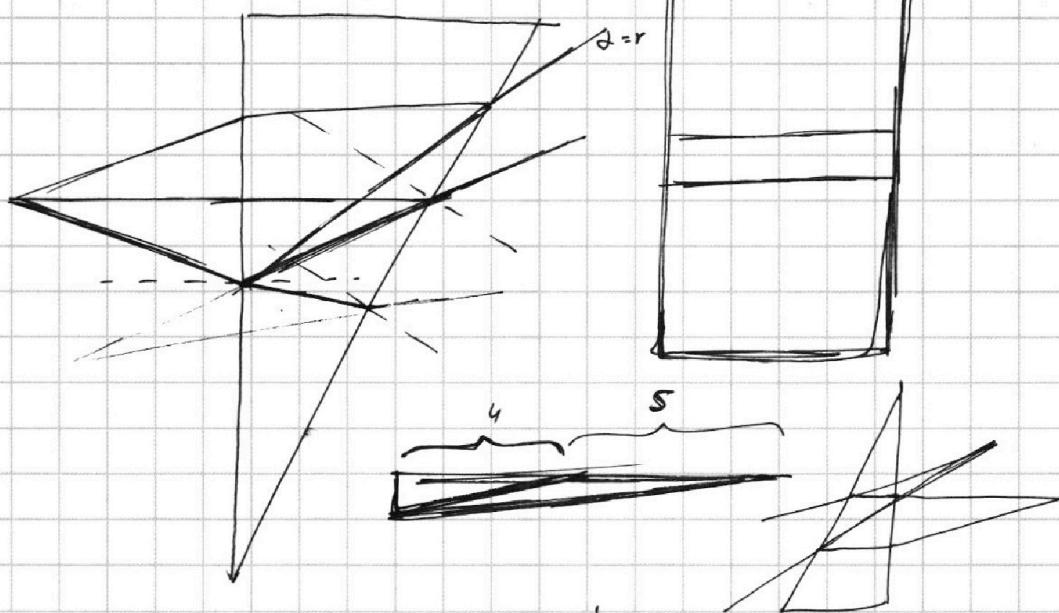
МФТИ

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



$$\Delta P = kPw + k\rho Pw$$

$$\Delta P_x = \frac{4}{x}$$



$$G = \frac{4}{3} \cdot 0.6 \cdot 16^{-\frac{3}{2}}$$

$$P = dP_0$$

$$P_{airw} = P_0 \left(\frac{3}{16} - d \right)$$

$$P = \frac{1}{3} P_0 + \frac{3}{4} k P_0 R T$$

$$\frac{8}{3} (dP_0 + P_{airw}) V = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} P_0 V$$

$$RT_0 = \frac{P_0 L_0}{\frac{V_0}{2}} \quad \Delta D RT = \frac{3k P_0 L_0}{8} \cdot RT$$

$$\frac{1}{2} PV = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{8} P_0 V + \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} P_0 V$$

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!

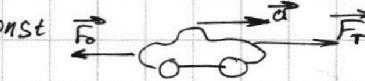
$$a(t) = v'(t)$$

$$a(t_x) = v'(t_x)$$

$$ma = \vec{F}_T + \vec{F}_0$$

$$ma = F_T - F_0$$

$$N = \text{const}$$



$$\frac{22-20}{2} \quad \frac{1\frac{u}{c}}{2c} \quad \frac{\frac{u}{c}}{\frac{dt}{dt}}$$

$$F_T - F_0 = F_k$$

$$F_T - F_0 = F_k$$

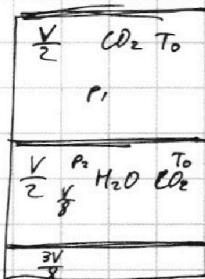
$$F_T - F_0 = \frac{N}{R} I$$

$$\frac{u}{R^2} \cdot \frac{u}{R} \cdot \frac{1}{R} \frac{I}{R}$$

$$\frac{1}{2} P_0 V = v_1 R T_0$$

$$\frac{1}{8} P_0 V = v_2 R T_0$$

$$\frac{1}{8} P_0 V = v_1 R T$$



$$4U = \frac{4Ed}{3}$$

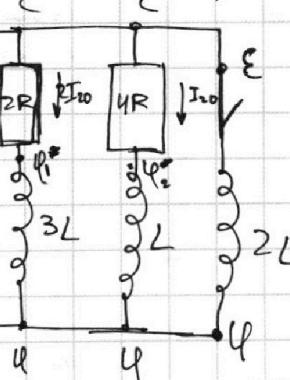
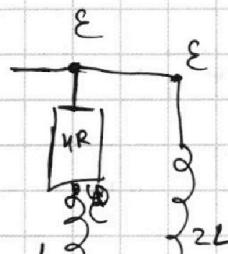
$$E = \frac{8U}{d} \Rightarrow$$

$$F = gE$$

$$ma$$

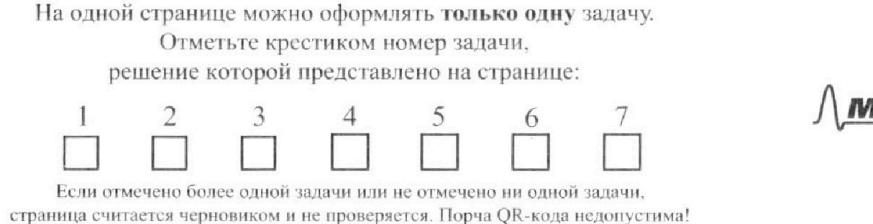
$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + A_s$$

$$\frac{m v_0^2}{2} =$$



$$2L(I_{20})' = E - \varphi$$

$$\frac{E - \varphi_1}{2R} = \frac{E - \varphi_2}{2R}$$



$$\frac{LI +}{Rt} \quad \frac{ut}{R} \quad \frac{it}{2} \quad it$$

$$\frac{1}{8} V = V_B + V_{\text{HAPA}} + V_{\text{CO}_2}$$

$$V_{\text{HAPA}} =$$

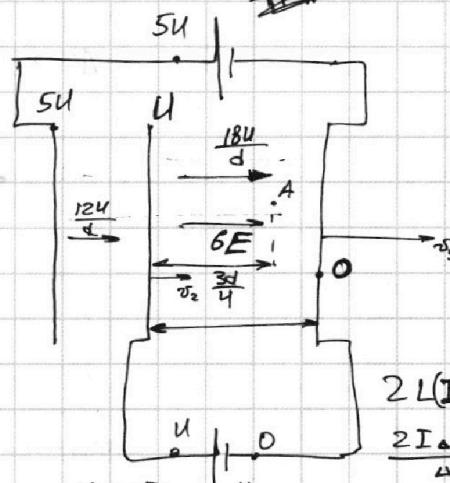
~~$$UR + L(I_{HR})' =$$~~

$$\frac{URI + LI'}{dt} = 2L'$$

$$\frac{URI + LI'}{dt} = \frac{2L'IT_0}{dt}$$

$$URI + LI' = 2L'$$

$$URI + LI' = 2L'$$



$$2L(I_{20})' = 4RI$$

$$\frac{2I_1 I_{20}}{dt} = 4RI_{\text{IMPAT}}$$

$$E = \frac{B}{4} \cdot M$$

$$E U = Ed$$

$$F = gE$$

$$\varphi = \frac{kQ}{r}$$

$$\frac{g\varphi}{r} = F$$

$$2L(I_{20})' = 4RgQ$$



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

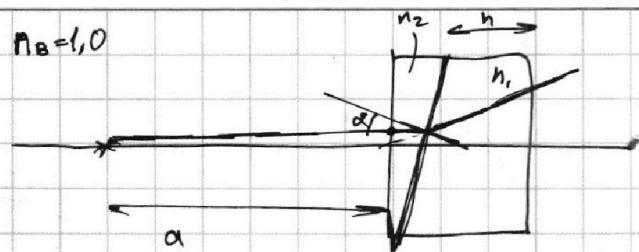
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input 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!

$$n_B = 1,0$$



$$N = \alpha N + N_i$$

$$\alpha N = F_0 \delta$$

$$N = F_{T0} \delta \quad \delta = \frac{F_0}{F_T}$$

$$F_T - F_{\text{сопр}} = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F_T \Delta t - F_{\text{сопр}} \Delta t = m \Delta v^2$$

$$n_d \delta = \varphi \quad \varphi > d$$

$$d = n_x$$

$$d > r$$

$$C U = q$$

$$q U = C U^2$$

$$\frac{N}{F_T} = \delta$$

N из вспомог

$$ma = m \delta = \frac{N}{\delta} - F_0$$

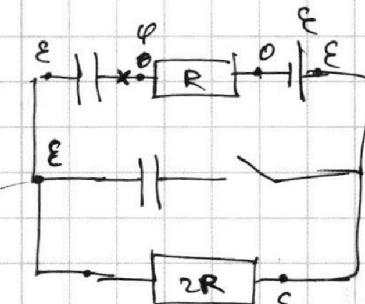
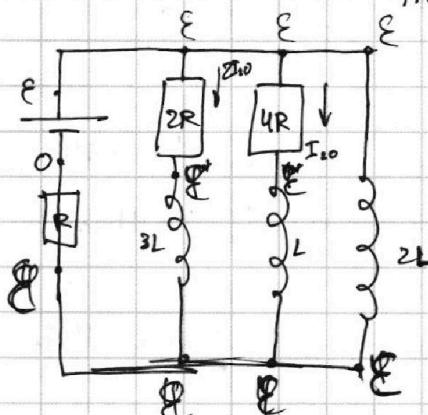
$$N = F_{T0} \delta$$

$$N = m a \delta_0 + F_0 \delta$$

$$1 = \frac{m a \delta_0}{N} +$$

$$+ \frac{6U}{5} \times$$

$$110 + 11 = 121$$



$$L I' = 0$$

$$\begin{aligned} I' &= 0 \\ I &= \text{const} \end{aligned}$$

$$\frac{E - \varphi}{2R} = \frac{E - \varphi'}{2R}$$

$$\frac{E - \varphi'}{4R} = I_{20}$$

$$2L I' = E - \varphi$$

$$I' = \frac{E - \varphi}{2L}$$

$$I = \frac{E - \varphi}{2L}$$

$$\rightarrow$$

$$\leftarrow$$

$$\rightarrow$$

$$\leftarrow$$

$$\rightarrow$$

$$\leftarrow$$

$$E = \frac{4 - \varphi}{e} \quad F = q E$$

$$A = q \cdot q E d$$

$$E =$$

$$+q \quad -q$$

$$\rightarrow$$

$$\leftarrow$$

$$\rightarrow$$

$$\leftarrow$$

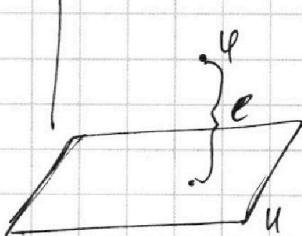
$$\rightarrow$$

$$\leftarrow$$

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

$$\frac{1,5}{2} = \frac{3}{4}$$

$$0,45 \quad 60$$



$$\frac{|G|}{2E_0 S} \quad \frac{q}{2E_0 S} \quad E = \frac{q}{2E_0 S}$$

$$\frac{q}{2E_0 S}$$

$$g = C U$$

$$E = \frac{\frac{q}{2E_0 S} \cdot U}{\frac{e}{2E_0 S}} = \frac{U}{D}$$