



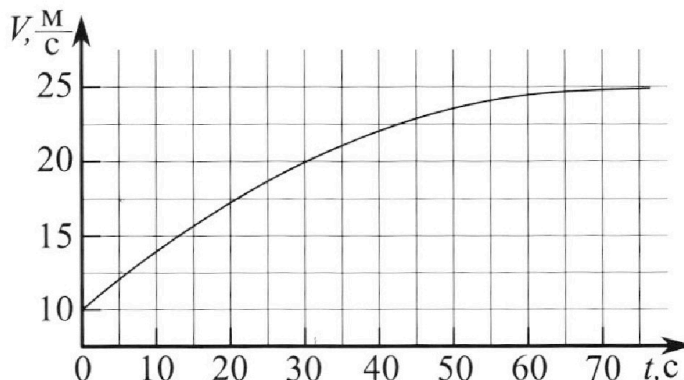
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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 ?

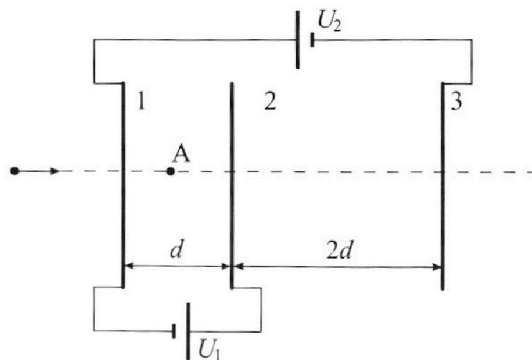
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом 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: $\Delta v = kpw$. 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.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

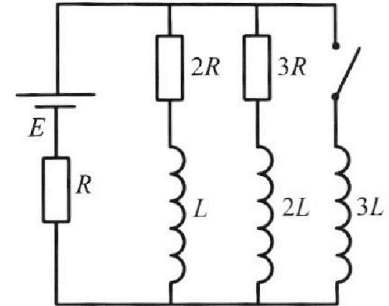
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



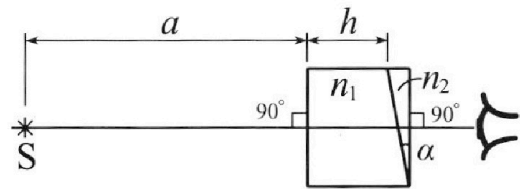
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.

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!



Задача 1.

Дано:

$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_k = 500 \text{ Н}$$

$$F_c \sim v, v_1 = 20 \text{ м/с}$$

1) ~~а~~ ускорение - ?

2) F_1 - ?

3) p_1 - ?

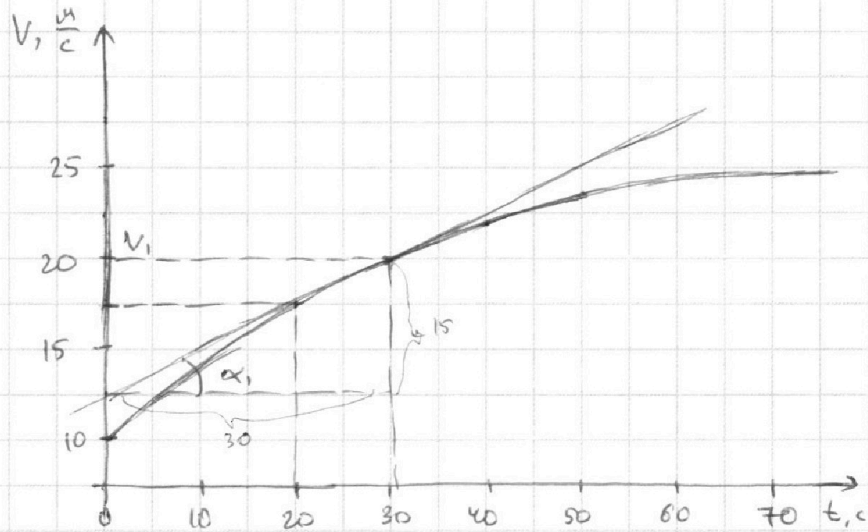
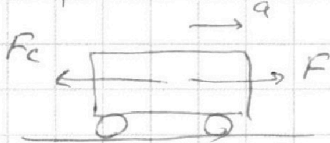


График из условий задачи

1) Обозначим ускорение автомобиля при скорости v_1 - a_1 ,

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (\text{ускорение}) \Rightarrow a = v'(t) \text{ т.е. ускорение -}$$

- производная от графика скорости от времени или же тангенс угла наклона касательной

Тогда ускорение a_1 найдём графически, как $\text{tg}(\alpha_1)$, где α_1 - угол между касательной в точке $v = v_1$ и осью абсцисс.

$$a_1 = \text{tg}(\alpha_1) \approx \frac{15}{30} = \frac{1}{2} \text{ м/с}^2$$

2) Пусть сила сопротивления зависит от скорости как $F_c = \gamma \cdot v$,
где γ - коэф. пропорц.

График асимптотически стремится к значению $v_k = 25 \text{ м/с}$,
значит автомобиль разогнается до конечной скорости $v_k = 25 \text{ м/с}$

Если автомобиль перестаёт разгоняться $\Rightarrow a = 0$ т.е.

$$\text{из 2.з. Ньютона } \sum F = 0 \Rightarrow \vec{F}_c + \vec{F}_k = 0$$

$$\text{Учитывая направление сил: } F_c = F_k \text{ т.е. } \gamma \cdot v_k = F_k$$

$$\text{Отсюда } \gamma = \frac{F_k}{v_k}$$

Тогда, запишем 2 з. Ньютона для момента времени,

$$\text{скорость в котором } v_1: F_1 - F_c = ma_1$$

$$F_1 - \gamma \cdot v_1 = ma_1$$

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

отсюда получим: $F_1 = ma_1 + \delta V_1 = ma_1 + \frac{F_k}{V_k} \cdot V_1 =$
 $= 1800 \cdot \frac{1}{2} + \frac{500}{25} \cdot 20 = 900 + 400 = 1300 \text{ Н}$

3) Определение мощности $P = \frac{dA}{dt}$; $dA = F \cdot ds$ ($\vec{F} \uparrow \uparrow \vec{ds}$)
 $P = F \cdot \frac{ds}{dt} = F \cdot v$

Применяя формулу для момента вращения, в котором
скорость v_1 :

$$P_1 = F_1 \cdot v_1 = 1300 \cdot 20 = 26000 = 26 \text{ кВт}$$

- Ответ:
- 1) $0,5 \text{ м/с}^2$
 - 2) 1300 Н
 - 3) 26000 Вт

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!

Дано:

V, T_0

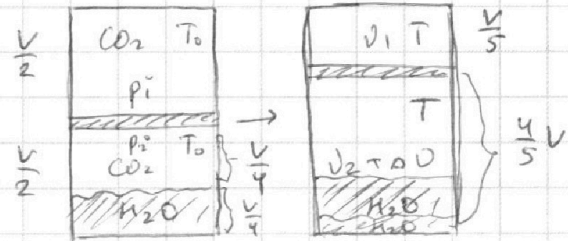
$$T = \frac{5}{4} T_0 = 373 \text{ K}$$

$$\Delta V = k \cdot p \cdot \omega$$

$$k \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{мм}^3}{\text{мм}^2 \cdot \text{Па}}$$

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

Задача 2



1) Запишем условие ~~равновесия~~ равновесия
квесного парня:

$$p_0 = p_1^0 = p_2^0 \quad (0)$$

ν_1 - кол-во вещества газа в первой части, ν_2 - во второй части после нагрева. p_1^0 и p_2^0 - давления верхней и нижней частей соев. до нагрева.

Уравнения состояния газа:

Закон Гей-Люссака:

$$p_1^0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 \cdot R \cdot T_0 \quad (1)$$

$$p_2^0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0 \quad (2)$$

$$\Delta V = k \cdot p \cdot \omega = k \cdot p_2^0 \cdot \frac{V}{4} = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} \quad (6)$$

Пренебрегая изменением объема жидкости и растворением газа во второй части после нагрева:

$$p_1^1 \cdot \frac{V}{5} = \nu_1 R T \quad (3)$$

где p_1^1 - давление верхней части после нагрева, p_2^1 - давление нижней части после нагрева

$$p_2^1 \cdot \left(\frac{4}{5}V - \frac{V}{4} \right) = (\nu_2 + \nu_0) R T \quad (4)$$

Давление p_2^1 равно сумме парциальных давлений CO_2 и воды после нагрева (з. Дальтона)

$$p_2^1 = p_{\text{H}_2\text{O}} + p_{\text{CO}_2}^1 \quad (5)$$

$p_{\text{H}_2\text{O}}$ - давление насыщенного пара при $T = 373 \text{ K}$

как известно $p_{\text{H}_2\text{O}}$ при $T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$ равно нормальному атмосферному давлению т.е. $p_{\text{H}_2\text{O}} = 10^5 \text{ Па}$;

Из ур-ний (0), (1) и (2) найдем объем на 1 вопрос задачи:

$$\begin{cases} p_1^0 = p_2^0 \\ p_1^0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0 \\ p_2^0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{2\nu_1 R T_0}{V} = \frac{4\nu_2 R T_0}{V} \Rightarrow \nu_1 = 2\nu_2 \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$$

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!

2) После каравана $p_2' = p_1'$ (уравнение равновесия) *поршня*

Из уравнения (3), (4), (5), получим:

$$\begin{cases} p_1' \cdot \frac{V}{5} = \nu_1 RT \\ p_2' \cdot \left(\frac{4}{5}V - \frac{V}{4}\right) = (\nu_2 + \nu_0) RT \Rightarrow p_{\text{атм}} \cdot \frac{\nu_2 + \nu_0}{\frac{11}{20}V} \cdot RT = \frac{5\nu_2 RT}{V} \\ p_2' = p_{\text{атм}} \\ p_2' = p_1' \end{cases}$$

Равновесие ν_0 из уравнения (6) имеет:

$$\begin{cases} p_{\text{атм}} \cdot \frac{\nu_2 + k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}}{\frac{11}{20}V} \cdot RT = \frac{5\nu_2 RT}{V} \\ \text{уравнение (1): } p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 RT_0 \\ \text{объем на 1 моль: } \nu_1 = 2\nu_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p_{\text{атм}} \cdot V + \frac{20}{11} \nu_2 \cdot RT + \frac{20}{44} \cdot k \cdot p_0 \cdot V = 5\nu_2 RT \\ p_0 V = 2\nu_1 RT_0 \\ \nu_1 = 2\nu_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} p_{\text{атм}} \cdot \frac{2\nu_1 RT_0}{p_0} + \frac{20}{11} \nu_2 \cdot RT + \frac{20}{44} \cdot k \cdot p_0 \cdot \frac{2\nu_1 RT_0}{p_0} = 5\nu_2 RT \quad | : \nu_1 \\ \nu_1 = 2\nu_2 \end{cases}$$

$$p_{\text{атм}} \cdot \frac{2RT_0}{p_0} + \frac{20}{22} + \frac{20}{44} \cdot \frac{40}{44} \cdot k \cdot R \cdot T_0 = 5RT \quad \left| \cdot \frac{5}{4} T_0 \right.$$

$$p_{\text{атм}} \cdot \frac{88RT_0}{p_0} + 40 + 40kRT_0 = 5 \cdot 55RT_0 \Rightarrow \frac{p_{\text{атм}} \cdot 88RT_0}{p_0} + 40kRT_0 = 555RT_0 - 40kRT_0$$

$$\frac{p_{\text{атм}}}{p_0} \cdot 88RT_0 = 555RT_0 - 40kRT_0 - 40kRT_0 \quad | : RT_0$$

$$\frac{88 p_{\text{атм}}}{p_0} = 555 - 50 - 40kRT = 505 - 40kRT = 275 - 50 - 40kRT = 225 - 40kRT$$

$$\text{Отсюда } p_0 = \frac{88}{225 - 40kRT} p_{\text{атм}} = \frac{88}{225 - 40 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3 \cdot \frac{1}{5}} p_{\text{атм}} = \frac{88}{185} p_{\text{атм}} \quad \text{— Ответ на второй пункт.}$$

Ответ: 1) верх.: мм. = 2 2) $p_0 = \frac{88}{185} p_{\text{атм}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

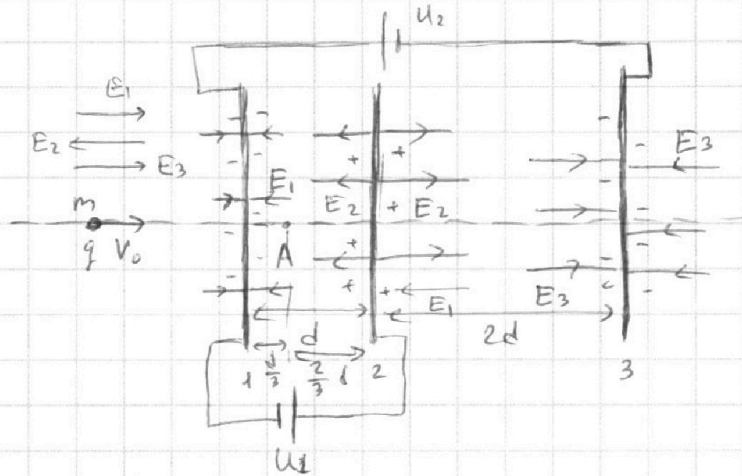
1 2 3 4 5 6 7



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



Дано:
 $d, 2d,$
 размеры сетки $\gg d$
 $U_1 = U, U_2 = 4U$
 $m, q > 0, V_0$
 $q \ll$ зарядов сетки



1) Пусть пластины заряжены как на рисунке. Предположим,

Э. поле между пластинами можно считать однородным т.к. размеры сетки $\gg d$.

Эффектами поляризации можно пренебречь т.к. $q \ll$ зарядов сетки

Тогда, решим разность потенциалов между пластинами;

E_1 - поле, создаваемое 1 пластиной
 E_2 - второй
 E_3 - третьей

Тогда: $\frac{U_1}{d} = E_2 + E_1 - E_3$

$$\frac{U_1}{d} = E_2 + E_1 - E_3 \quad (1)$$

$$\frac{U_2}{d} = 3E_3 + E_2 - 3E_1 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} U_2 &= (-E_1 - E_2 + E_3)d + \\ &+ (E_2 + E_3 - E_1)2d = \\ &= -E_1d - E_2d + E_3d + 2E_2d + 2E_3d - 2E_1d = \\ &= 3E_3d + E_2d - 3E_1d \end{aligned}$$

Перейдем к пункту (1) задачи:

Результативно поле между сетками 1 и 2: $E_{12} = \frac{U_1}{d}$

Значит сила, действующая на заряд: $F_3 = E_{12} \cdot q = \frac{U_1}{d} q$

Значит по 2.3. Ньютона: $F_3 = ma_1$, где a_1 - искомое ускорение
 $\frac{U_1 \cdot q}{d} = ma_1$

Отсюда: $a_1 = \frac{U_1 q}{dm}$

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

2) Разность кинетических энергий - работа, совершённая электрическим полем.

То $W_2 - W_1 = A_{12}$ - работа поля при перелёте от 1 к 2 сетки

Возникает вопрос о первом отделе

Как известно $A_{12} = q \cdot \Delta\varphi$, где $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ - разность потенциалов между 1 и 2 сеткой.

Знак "-" стоит тк $\varphi_2 > \varphi_1$

Значит по закону об изменении кин. энергии:

$$A_{12} = W_2 - W_1 = q \cdot (\varphi_2 - \varphi_1) = K_2 - K_1 \Rightarrow K_2 - K_1 = q \cdot U_1 = q \cdot U$$

3) Задача сводится к нахождению потенциала в

точке А. Запишем ЗСЗ для системы пластин:

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0, \text{ где } q_1, q_2, q_3 - \text{заряды сеток}$$

В рамках нашей предположений $q_1 < 0$

$$q_2 > 0$$

Значит связь между зарядов: $q_3 < 0$

$-q_1 + q_2 - q_3 = 0$ (3) Напряжённость поля вблизи (длина пластин)

$$\text{пластины равна } E = \frac{q}{2\epsilon_0 d}$$

тк пластины пластины равны, то

поле будет однородно и для напряжённости: (модуль)

$$-E_1 + E_2 - E_3 = 0 \Rightarrow E_2 - E_1 - E_3 = 0 - \text{А это есть внешнее поле}$$

Значит в нашей приближении (длина пластин), поле

внешнее поле существует. Тогда потенциал в точке А:

$$\varphi_A = E_2 \cdot \frac{d}{3}$$

($E \cdot d = \Delta\varphi$), а потенциал снаружи = 0, тк потенциал $\infty = 0$, а потенциал снаружи = 0 внешнее поле существует.

тк пластины поле внутри

Из закона сохранения энергии:

$$\text{Тогда } \varphi_A = E_2 \cdot \frac{d}{3} = \frac{U_1}{3} \Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mVA^2}{2} + \frac{q \cdot U_1}{3}$$

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

Выражая V_A получаем: $V_A^2 = V_0^2 - \frac{2}{3} \frac{qU}{m}$

Значит $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{2}{3} \frac{qU}{m}}$

Ответ: 1) $\frac{qU}{dm}$

2) $q \cdot U$

3) $\sqrt{V_0^2 - \frac{2}{3} \frac{qU}{m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

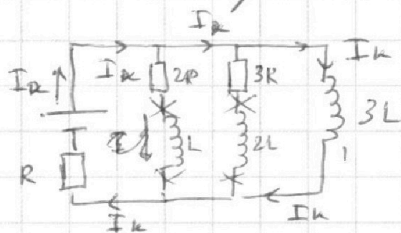


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Отсюда скорость возрастания тока: $\frac{dI_{3L}}{dt} = \frac{U_{3L}}{3L} = \frac{6 \cdot \epsilon}{11 \cdot 3 \cdot L} = \frac{2 \cdot \epsilon \epsilon_0}{11 \cdot L}$

3) Установившееся решение при замкнутом ключе:



Ток будет течь только через источник, резистор R и катушку 3L

Затемнем уравнение равновесия напряжений в ветках с 2R и 3R:

$$U_{2R} + U_L = U_{3R} + U_{2L} \Leftrightarrow I_1 \cdot 2R + L \cdot \frac{dI_1}{dt} = I_2 \cdot 3R + 2L \cdot \frac{dI_2}{dt}$$

где I_1 - ток в ветке с 2R, I_2 - ток в ветке с 3R

умножим обе части на dt: $dq_1 \cdot 2R + L \cdot dI_1 = dq_2 \cdot 3R + 2L \cdot dI_2$

Интегрируем обе части: $\int_0^{q_1} dq_1 \cdot 2R + L \cdot \int_{I_{10}}^0 dI_1 = \int_0^{q_2} dq_2 \cdot 3R + 2L \cdot \int_{I_{20}}^0 dI_2$

Пределы интегрирования токов - от I_{10} до 0 и от I_{20} до 0
т.к. интегрируем от замыкания ключа и до установившегося

$$dq_1 \cdot 2R + L \cdot I_{10} = dq_2 \cdot 3R + 2L \cdot I_{20} \quad (1)$$

Закон сохранения энергии: $A_{ист} = \Delta W + Q$

$$\epsilon \cdot dq_{ист} = \Delta W + Q \quad (2)$$

Заряд, протекающий через источник - сумма зарядов, протекающих через 1, 2 и 3 ветви, значит: $dq_{ист} = dq$

$$dq_{ист} = dq_1 + dq_2 + dq_3 \quad (3)$$

Найдём связь зарядов dq_1 и dq_3 :

Равенство напряжений в ветках 1 и 3: $I_1 \cdot 2R + L \cdot \frac{dI_1}{dt} = 3L \cdot \frac{dI_3}{dt}$
(I_3 - ток через 3 ветвь)

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!



Дано:
 E, R, L

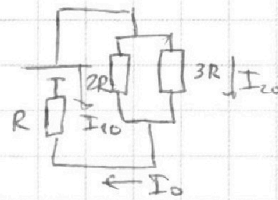
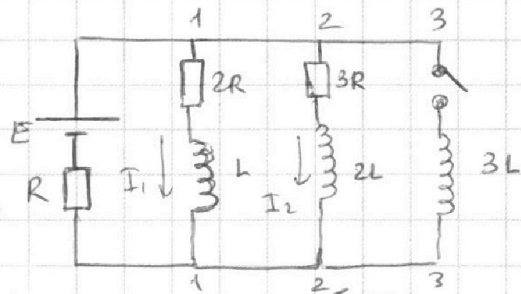
Обозначение $E = \mathcal{E}$

1) В уст. режиме при разомкн. ключе на катушках отсутствует напряжение.

Значит схему можно эквивалентно переписать:

(так катушка не отключается от провода в уст. режиме)

Найдём ток I_{10} через $2R$:



$$U_{2R} = I_{10} \cdot 2R - \text{напряжение на } 2R$$

$$U_{2R} = U_{3R} - \text{паралельн. соедин.}$$

$$U_{3R} = I_{20} \cdot 3R, \text{ где } I_{20} - \text{ток через резистор } 3R$$

$$\Downarrow$$

$$I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R \Rightarrow I_{20} = \frac{2}{3} I_{10}$$

Первое правило Кирхгофа: $I_{10} + I_{20} = I_0$, где I_0 - ток через источник

Эквивалентное сопр. цепи: $R_2 = R + \left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{3R}\right)^{-1} = R + \left(\frac{5}{6R}\right)^{-1}$

Тогда ток через источник: $I_0 = \frac{E}{\frac{11}{5}R} = R + \frac{6}{5}R = \frac{11}{5}R$

Значит $\left\{ \begin{array}{l} I_{10} + I_{20} = \frac{5E}{11R} \\ I_{20} = \frac{2}{3} I_{10} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{5}{3} I_{10} = \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R} \Rightarrow I_{10} = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}$

$$I_{20} = \frac{2}{11} \cdot \frac{E}{R}$$

2) Токи в катушках индуктивно взаимодействуют не могут \Rightarrow сразу после замыкания в катушках L и $2L$ ток не изменится.

Значит напряжение на катушке $3L$ сразу после замык. ключа: $U_{3L} = I_{10} \cdot 2R = \frac{6}{11} E$

Напряжение на катушке: $U_{3L} = 3L \cdot \frac{dI_{3L}}{dt}$
скорость изменения тока

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!



умножая обе части на dt получим:

$$dq_1 \cdot 2R + L dI_1 = 3L \cdot dI_3$$

$$2R \cdot \int_0^{q_1} dq_1 + L \cdot \int_{I_0}^0 dI_1 = 3L \cdot \int_0^{I_k} dI_3 \quad \left(\begin{array}{l} \text{ток в катушке 3} \\ \text{увеличивается, пока} \\ \text{не достигнет } I_k = \frac{\mathcal{E}}{R} \end{array} \right)$$

$$2R \cdot q_1 - LI_0 = 3L \cdot I_k \quad | \Rightarrow$$

$$| \Rightarrow q_1 = \frac{3LI_k + LI_0}{2R} = \frac{3L \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} + L \cdot \frac{3}{11} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R}}{2R}$$

$$= \frac{\mathcal{E}}{2R} \cdot \frac{EL}{2R^2} \left(3 + \frac{3}{11} \right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{36}{11} \cdot \frac{EL}{R^2} = \frac{18}{11} \cdot \frac{EL}{R^2}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{11} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R}$ 3) $\frac{18}{11} \cdot \frac{EL}{R^2}$
2) $\frac{2}{11} \cdot \frac{\mathcal{E}}{L}$

(в ответах $\mathcal{E} \Leftrightarrow E$)

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

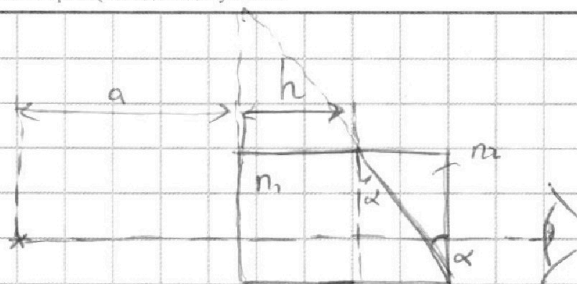
МФТИ

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



Задача 5

- Дано:
 $n_D = 1,0$
 $a = 194 \text{ см}$
 $\alpha = 0,1 \text{ рад}$
 $h = 9 \text{ см}$
- 1) $n_1 = n_D = 1$
 $\delta = ?$
 - 2) $n_1 = n_D = 1$
 $n_2 = 1,7$
 - 3) $n_1 = 1,5$
 $n_2 = 1,7$



1) Считается общеизвестным факт, что угол отклонения луча к нормали δ показателя преломления n и малыши углами α при вершине равен $\delta = \alpha(n-1)$

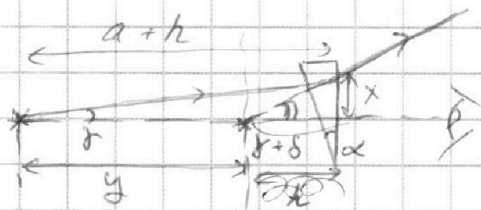
Тогда, считая $n_2 = 1,7$,

$$\delta_1 = \alpha(n_2 - 1) = 0,7\alpha = 0,07 \text{ рад}$$

При этом, луч не отклонится при прохождении через вещество с показателем преломления $n_1 = 1$ т.к. $n_1 = n_D$ (условие $n_D = 1$ можно воспринимать как то, что среда находится в вакууме)

тогда $\delta = \delta_1 = \alpha(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$

2) Нарисуем ход луча как в случае 1 (т.к. $n_1 = 1$)



Рассмотрим луч, исходящий от источника под углом δ к оси. Тогда луч выйдет той же к кривой и вылезет под углом $\delta + \delta$ к оси

Обозначим расстояние от оси до точки выхода луча за x
 y - расстояние от источника до изображения

Тогда из ~~геометрии~~ геометрии: $\tan \delta = \frac{x}{y+h}$
 (теорема синусов)
 (теорема косинусов)

$$\tan(\delta + \delta) = \frac{x}{a+h-y}$$

Условие малости углов: $\tan \delta \approx \delta$
 $\tan(\delta + \delta) \approx \delta + \delta$

Тогда: $\delta = \frac{x}{y+h}$
 $\delta + \delta = \frac{x}{a+h-y}$ $\Rightarrow \delta(y+h) = (\delta + \delta)(a+h-y)$



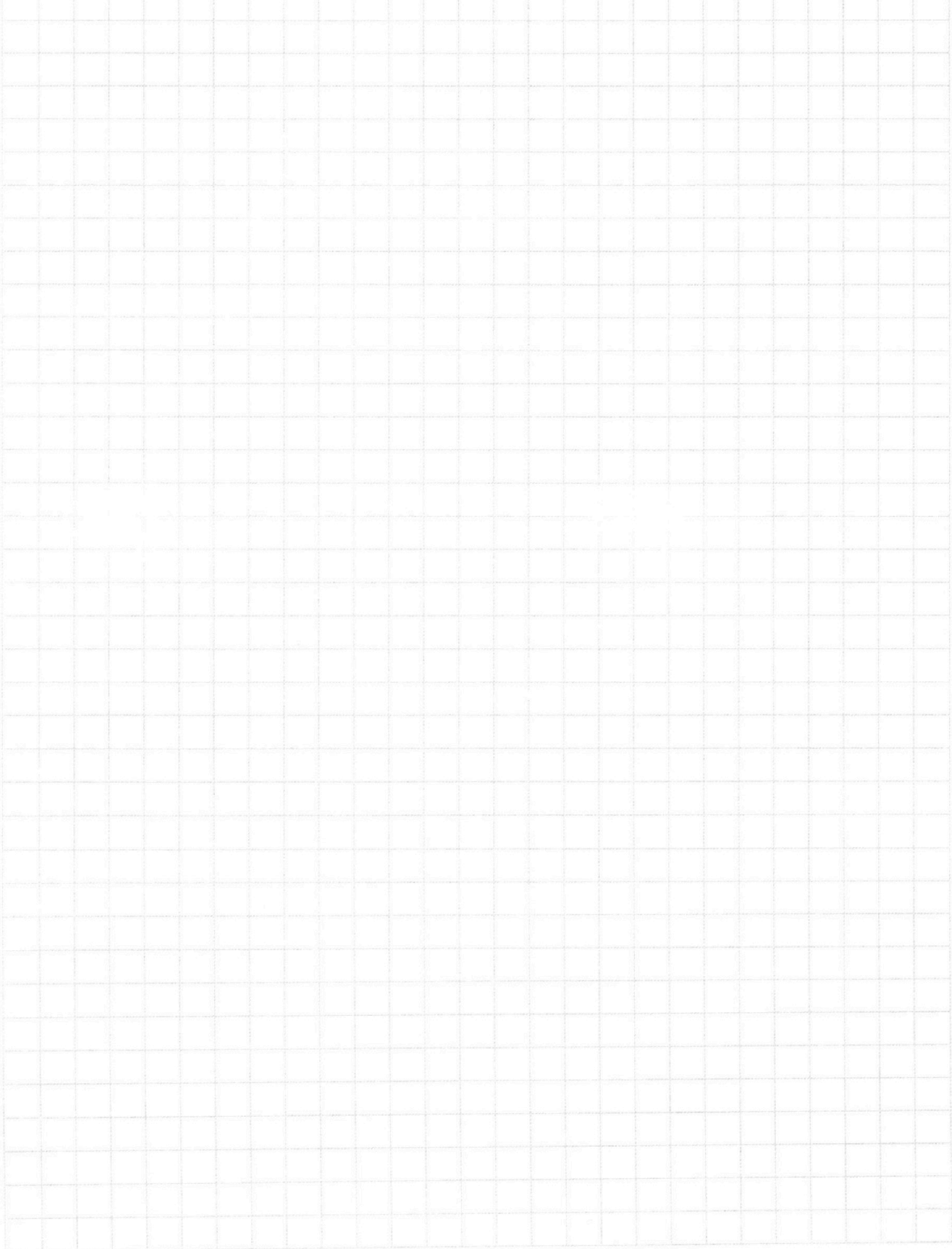
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 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!



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!



Черновик

ЗСЗ: $q_1 + q_2 + q_3 = 0$ $\int IR + \int \frac{dI}{dt} = 0$

$-E_1 + E_2 - E_3 = 0 \Rightarrow$ суммарно $E = 0$

$I_1 \cdot 2R + L \frac{dI_1}{dt} = I_2 \cdot 3R + 2L \frac{dI_2}{dt}$

$dq_1 \cdot 2R + L dI_1 = dq_2 \cdot 3R + 2L \cdot dI_2$

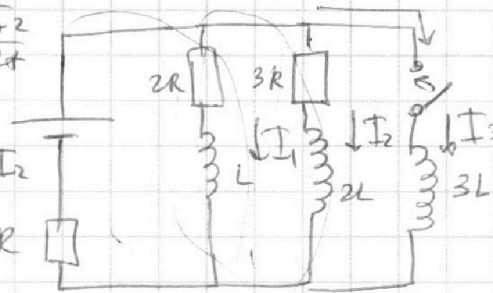
$3L \cdot \frac{dI_3}{dt} = I_1 \cdot 2R +$

$+ L \frac{dI_1}{dt}$

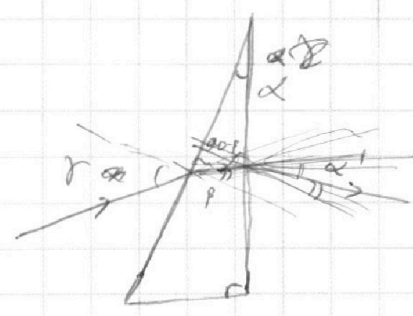
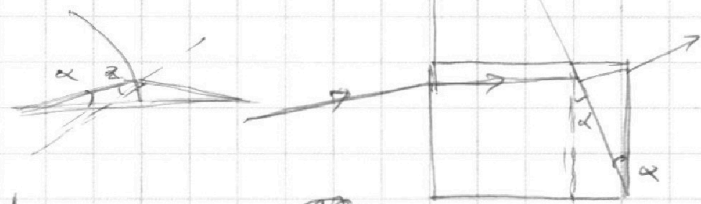
$I_1 \cdot 2R + L \cdot \frac{dI_1}{dt} = 3L \frac{dI_3}{dt}$

$dq_1 \cdot 2R + L \cdot dI_1 = 3L \cdot dI_3$

$dq_1 \cdot 2R + L(I_1 - I_0) = 3L \cdot I_3$



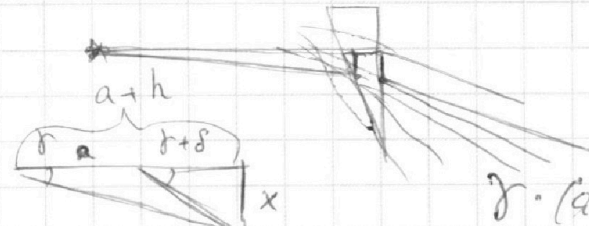
$\delta y + \delta h = \delta a + \delta h - \delta y + \delta a + \delta h - \delta y$
 $2\delta y = \delta a + \delta a + \delta h - \delta y$



$y = \frac{\delta a + \delta a + \delta h}{2\delta + \delta}$
 $180 - \alpha - 90 = \beta = (90 - \alpha + \beta) - 90$
 $= \beta - \alpha - \gamma$

$(\beta - \alpha)n = \alpha'$
 $\gamma - \alpha' = n\beta - (\beta - \alpha) \cdot n =$
 $= \alpha \cdot n$

$194 \cdot 0,17 + 0,07 \cdot 9$
 $2 \cdot 6,1 + 0,07$



$g+h = a+h-y$
 $y = \frac{a}{2}$

$\gamma \cdot (a+h) = (\gamma + \delta)(a-y+h)$
 $\delta a + \delta h = \delta a - \delta y + \delta h + \delta a - \delta y + \delta h$

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!

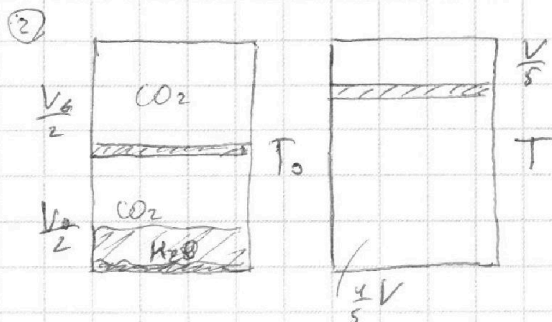


1) q_0 Черновик

2) $F_k = 0.001$

$F = k \cdot r \cdot v \rightarrow F_1$ $F_T |_{v_1} = m a_1 + F_1$
 $F_k = \gamma \cdot v_k \rightarrow \gamma = \frac{F_k}{v_k}$

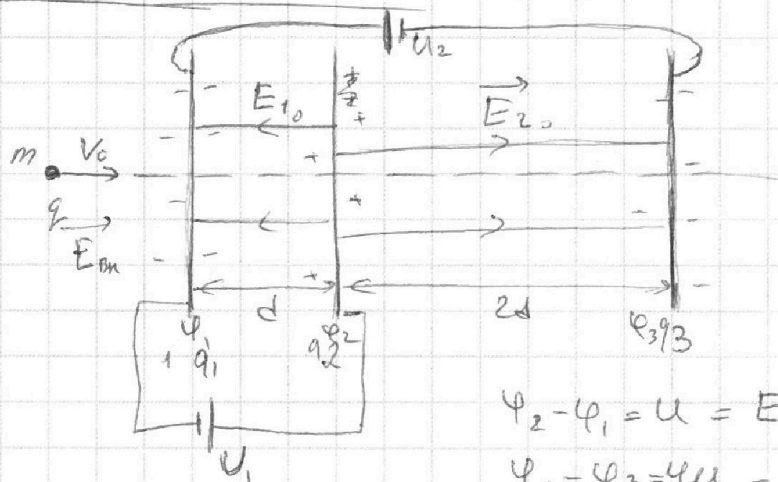
3) $p \cdot \frac{dA}{dt} = F_T \cdot \frac{dS}{dt} = F_T \cdot v$ или
 $\frac{4}{5} - \frac{1}{5} = \frac{16-5}{20} = \frac{11}{20}$



ΔV расств. $\rightarrow V = k \cdot p \cdot W$
 W в m^3 жидкости p - пар. давл.
 $k = \frac{1}{3} \cdot W^{-3}$ констан. на расств.
 $RT \approx 3 \cdot W^3$

$p_0 = \frac{88}{5 - \text{коэф}} \cdot \text{парам} = \frac{88}{5 - 20 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0.5 \cdot 10^3} \cdot \text{парам}$
 $225 - \text{коэф}$

3)



результат $\gg d$
 $U_1 = U$
 $U_2 = 4U$
 $q \ll Q_{серок}$

$E_{10} = E_1 + E_2 - E_3$

$E_{20} = -E_1 + E_2 + E_3$

$E_{0n} = E_1 - E_2 + E_3$

$E = \frac{5}{220} = \frac{q}{220.5} = 8 \cdot q$

$\phi_2 - \phi_1 = U = E_1 \cdot d$

$\phi_1 - \phi_3 = 4U = -E_1 \cdot d + E_2 \cdot 2d$

$4E_1 \cdot d = -E_1 \cdot d + E_2 \cdot 2d$

$5E_1 = 2E_2 \Rightarrow E_2 = \frac{5}{2} E_1$

$= E_{20} = 2E_3$

$E_{10} = E_1 + E_2 - E_1 - \frac{3}{7} E_2$

$E_{20} = -E_1 + E_2 + E_1 + \frac{3}{7} E_2$

$-E_1 + E_2 + E_3 = \frac{5}{2} E_1 + \frac{5}{2} E_2 - \frac{5}{2} E_3$

$-\frac{7}{2} E_1 - \frac{3}{2} E_2 + \frac{7}{2} E_3 = 0$

$7E_3 = 7E_1 + 3E_2$