



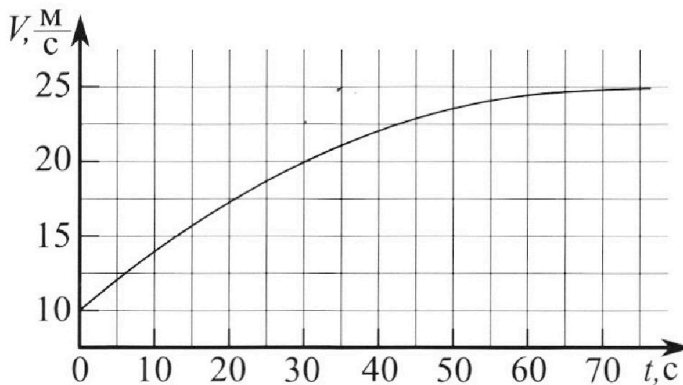
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

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



1. Автомобиль массой $m = 1500$ 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 $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- 3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

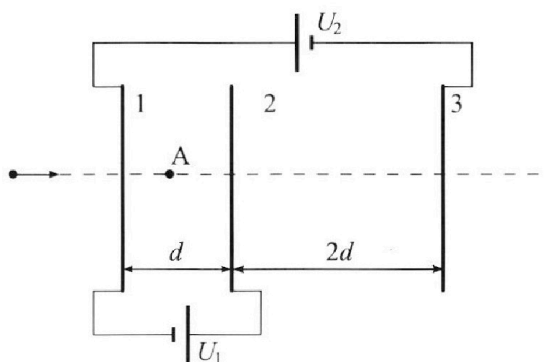
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{атм}}/2$ ($P_{\text{атм}}$ - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ 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 $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ 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 отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

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 $U_2 = 3U$. 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 A на расстоянии $d/4$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

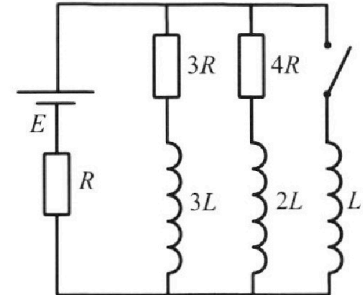
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



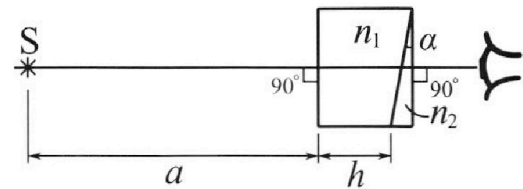
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ 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 $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ 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.



Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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.

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!

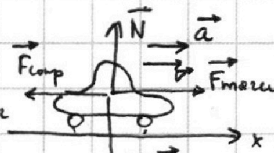


№1 Дано: $m = 1500 \text{ кг}$; $F_k = 600 \text{ Н}$;

1) $a = \frac{dv}{dt}$, а в начале разгона численно равна тангенсу угла наклона касательной к гр-ку зависимости $v(t)$ в момент $t=0$!

2) Движение прямолинейное.

$$a_0 = a(0) = \frac{(22,5 - 10) \text{ м/с}}{(30 - 0) \text{ с}} = \frac{12,5}{30} \text{ м/с}^2 = \frac{25}{60} \text{ м/с}^2 = \frac{5}{12} \text{ м/с}^2$$



2) В любой момент времени

можно записать 2ЗН для автомобиля: $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_c + \vec{F}_{\text{дв}} = \vec{0} + m\vec{a}$;

$$Ox: ma = F_{\text{дв}} - F_{\text{тр}}; \quad F_{\text{тр}} = -k\vec{v}, \quad |F_{\text{тр}}| = F_{\text{тр}} = kv$$

$$ma = F_{\text{дв}} - kv$$

определено по гр-ку

В установ.

конст. момент времени касат. горизонтальна, $V_k = 25 \text{ м/с}$; $a = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_k = kV_k \Rightarrow k = \frac{F_k}{V_k}; \quad k = \frac{600}{25} \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

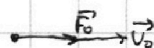
по гр-ку

В начальный момент времени: $ma_0 = F_0 - kV_0 \Rightarrow F_0 = ma_0 + kV_0$, $V_0 = 10 \text{ м/с}$

$$F_0 = 1500 \cdot \frac{12,5}{30} + \frac{600}{25} \cdot 10 = \frac{150 \cdot 12,5}{3} + \frac{6000}{25} = 625 + 240 = 865 \text{ Н}$$

3) В начале разгона от двигателя на ведущие колеса передается мощность, равная $P_0 = \vec{F}_0 \cdot \vec{V}_0 = F_0 \cdot V_0 \cdot \cos 0 = F_0 V_0 = 865 \cdot 10 = 8650 \text{ Вт}$

Ответ: 1) $\frac{5}{12} \text{ м/с}^2$



2) 1225 Н

865 Н

3) 12250 Вт

8650 Вт

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!

№2 Дано: $p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{2}$; T_0 - комнатная температура; $T = 373 \text{ K}$; $\Delta V = k p w$;
 $k = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$; $RT \approx 3 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}$

Найти: 1) ~~$T_{\text{из.верх}}$~~ $\frac{V_{\text{из.верх}}}{V_{\text{из.нижн}}}$ -? 2) $\frac{T}{T_0}$ -?

а) Давлением насыщенного пара пренебрежем в конце решения
1) Поработаем с сосудом до нагревания. Поршень ~~нижний~~ ~~нижний~~ и движется без трения, а значит силы давления газов ~~до~~ над и под поршнем обязательно будут одинаковы $\Rightarrow$ и силы давления в верх. и нижней частях сосуда равны между собой. (*)

He: $p_0; V_2; T_0;$ V
CO ₂ : $p_1; \frac{V}{4}; T_0; V_1$ вод. пар: $p_2; \frac{V}{4}; T_0; V_2$
вода: $\frac{V}{4}$

Уравнение Менделеева-Клапейрона для газа сверху: $p_0 \cdot \frac{V_0}{2} = \nu R T_0$
(не считаем идеальные газом); ~~V_0~~ $p_0 = \frac{2 \nu R T_0}{V}$ (2)

Уравнение Менделеева-Клапейрона для CO₂, который не растворен в жидкости: $p_1 \frac{V}{4} = \nu_1 R T_0 \Rightarrow p_1 = \frac{4 \nu_1 R T_0}{V}$
 $V_2 = k p_1 \frac{V}{4}$ - количество CO₂, которое растворено в жидкости

Также при $T = T_0$ вода H₂O и пар находятся в динамическом равновесии; p_2 - давл. нас. пара при $T = T_0$.

По Закону Дальтона: $p_1 + p_2 = p_0$; (1)

суммарное давление газов снизу поршня
Менг. к. для вод. пара: $p_2 \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0 \Rightarrow \frac{4 \nu_2 R T_0}{V} = p_2$ (Давл. паров пренебрежем)

$$p_1 + p_2 = p_0 \Rightarrow \frac{4 \nu_1 R T_0}{V} + \frac{4 \nu_2 R T_0}{V} = \frac{2 \nu R T_0}{V} \Rightarrow \frac{V_{\text{из.верх}}}{V_{\text{из.нижн}}} = \frac{V}{V_1} = 2$$

2) Рассм. конечное положение.

$$V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{20 - 5 - 4}{20} V = \frac{11}{20} V; T = 373 \text{ K} \Rightarrow p_{\text{нп}}(373 \text{ K}) = p_{\text{атм}}$$

He: $p_3; \frac{V}{5}; T; V$
CO ₂ : $p_4; \frac{11V}{20}; T;$ $V_1 + V_2$
H ₂ O: $p_{\text{атм}}; \frac{11V}{20}; T;$ V_1'
вода: $\frac{V}{4}$

Менделеев.-Клапейрон: (сосуд герметизирован)

для He: $p_3 \frac{V}{5} = \nu R T$

для CO₂: $p_4 \frac{11V}{20} = (\nu_1 + \nu_2) R T$

Давл. нас. паров воды равно $p_{\text{атм}}$.

т.к. газ в воде уже не растворяется.

из объема нижней H₂O пренебрежем

По Закону Дальтона:

$$p_{\text{атм}} + p_4 = p_3$$

суммарное давл. газов снизу поршня (см. утв. *)

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!

12) Упрощение. Упр-ие (2): $\frac{p_{\text{амм}}}{2} = \frac{2VRT_0}{V} \Rightarrow p_{\text{амм}} = \frac{4VRT_0}{V}$

$$p_3 = \frac{5VRT}{V}; p_4 = \frac{20(V_1+V_2)RT}{11V}; p_{\text{амм}} + \frac{20(V_1+V_2)RT}{11V} = \frac{5VRT}{V};$$

$$\frac{4VRT_0}{V} + \frac{20(V_1+V_2)RT}{11V} = \frac{5VRT}{V}; T_0(4V) = T(5V - \frac{20}{11}(V_1+V_2))$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{4V}{5V - \frac{20}{11}(V_1+V_2)} = \frac{44}{55 - 20(\frac{V_1+V_2}{V})}$$

$$\frac{V_1+V_2}{V} = \frac{\frac{p_1 V}{4RT_0} + p_1 k \frac{V}{4}}{\frac{p_{\text{амм}} V}{4RT_0}} = \frac{p_1}{p_{\text{амм}}} \cdot \frac{1+kRT_0}{RT_0}$$

В условии сказано пренебречь давлением кас. паров: $p_2=0$,

$$\frac{V_1+V_2}{V} = \frac{1+kRT_0}{RT_0}; \text{Пусть } \xi = \frac{T}{T_0};$$

$$\frac{1+kRT\xi}{RT\xi} = \frac{V_1+V_2}{V} \Rightarrow \xi = \frac{44}{55 - 20 \cdot \frac{1+kRT\xi}{RT\xi}}; (55 - 20 \cdot \frac{1+kRT\xi}{RT\xi})\xi = 44$$

$$55\xi - 20 \cdot \frac{1+kRT\xi}{RT} = 44; 55RT\xi - 20 - 20kRT\xi = 44; 35RT\xi = 64;$$

$$(55-20k)RT\xi = 64; \xi = \frac{64}{RT(55-20k)}$$

$$\frac{V_1+V_2}{V} = 1+kRT_0; \frac{V_1+V_2}{V} = 1+kRT\xi, \text{ если } \xi = \frac{T}{T_0}.$$

$$\xi = \frac{44}{55 - 20(1+kRT\xi)} \Rightarrow 55\xi - 20\xi - kRT\xi^2 = 44; 35\xi - \frac{3}{2}\xi^2 = 44;$$

$$kRT = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 = \frac{3}{2}; 3\xi^2 - 70\xi + 88 = 0$$

$$D = 70^2 - 4 \cdot 3 \cdot 88 = 4(35^2 - 3 \cdot 88) = 4(1225 - 264) = 4 \cdot 961 = 4 \cdot 31^2$$

$$\xi = \frac{70 \pm 2 \cdot 31}{2 \cdot 35} = \frac{35 \pm 31}{35}$$

$$\xi > 1 \text{ по условию.} \Rightarrow \xi = \frac{35+31}{35} = \frac{66}{35}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{66}{35}$$

Ответ: 1) 2

$$2) \frac{66}{35}$$

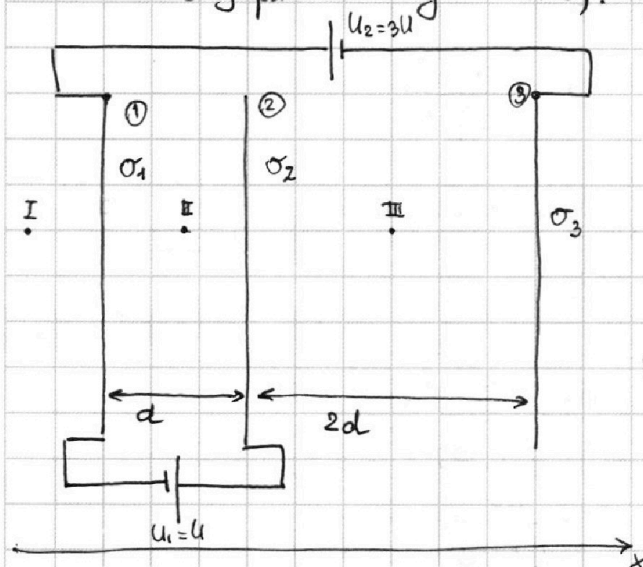
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

3) $U_1 = U$; $U_2 = 3U$; d ; $2d$; m ; q ; v_0 .

0) каждую сетку считаем беск. заряженной плоскостью

1) После подключения источников на каждой из сеток установится постоянная поверхностная плотность заряда: σ_1 ; σ_2 ; σ_3 на сетках №1, №2, №3 соответственно. По закону сохранения заряда: $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$ (сетки не заряжены изначально). Пусть $\sigma = 2\epsilon_0 \cdot \frac{U}{d}$



Можно рассчитать проекции напряженности полей, создаваемых на сетках в каждой из областей I-IV по принципу суперпозиции

$$E_{Ix} = -\frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{IIx} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{IIIx} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{IVx} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$U = \Delta\varphi$$

Если φ - потенциал сетки 3, то $\varphi + 3U$; $\varphi + 3U + U$ - потенциалы сеток 2 и 1 соответственно.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = -U$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = -4U$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = 2d \cdot E_{IIIx}; \quad \frac{\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3}{2\epsilon_0} = -\frac{4U}{2d}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = d \cdot E_{IIx}; \quad \frac{\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3}{2\epsilon_0} = +\frac{U}{d}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 = -4\sigma \\ \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 = 2\sigma \\ \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2\sigma_1 = 2\sigma \\ -2\sigma_3 = -4\sigma \\ \sigma_2 = 0 + -\sigma_1 - \sigma_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = \sigma \\ \sigma_3 = +2\sigma \\ \sigma_2 = -3\sigma \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 = -2\sigma \\ \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 = \sigma \\ \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2\sigma_1 = \sigma \\ -2\sigma_3 = -2\sigma \\ \sigma_2 = -(\sigma_1 + \sigma_3) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = \frac{\sigma}{2} \\ \sigma_3 = \sigma \\ \sigma_2 = -\frac{3\sigma}{2} \end{cases}$$

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

③ - продолжим решать.

$$E_{Ix} = -\frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{2\epsilon_0} = 0, \quad E_{I\kappa} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{2\epsilon_0} = 0 \quad - \text{вне системы нап. } \Phi = 0.$$

$$E_{Ix} = +\frac{U}{d}; \quad E_{I\kappa} = -\frac{2U}{d}.$$

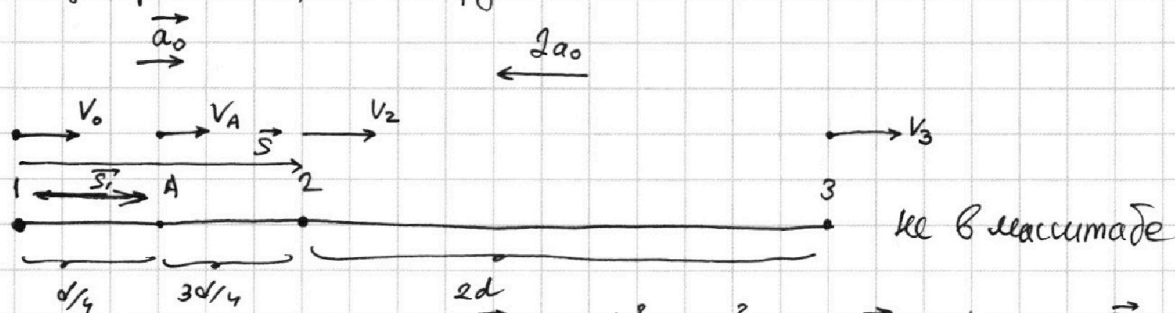
2ЗН для частицы

$$\vec{a} \quad \vec{F}_{эл. II} \quad \vec{F}_{эл} = m\vec{a}$$

Ох: область II: $m a_{IIx} = F_{эл II}; \quad m a_{IIx} = q \cdot E_{Ix}; \quad a_{IIx} = \frac{q}{m} \left(\frac{U}{d} \right) =$
 $= \frac{qU}{md}; \quad |a_{IIx}| = \frac{qU}{md}, \quad a_0 = \frac{qU}{md}$

область III: $m a_{IIIx} = F_{эл III}; \quad m a_{IIIx} = q \left(-\frac{2U}{d} \right) = -\frac{2qU}{d}; \quad a_{IIIx} = -\frac{2qU}{md} = -2a_0$

По факту движение частицы между пластинами является прямолинейным движением с постоянным ускорением, при этом "1" см. у частицы равно V_0 , т.к. снаружи поле нет.



Пр-ция РУД: $V_2^2 - V_0^2 = 2 \cdot \vec{a}_0 \cdot \vec{S}; \quad \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = m\vec{a}_0 \cdot \vec{S}; \quad \Delta k = -m\vec{a}_0 \cdot \vec{S} =$
 $= -m a_0 \cdot d = -\frac{4qU}{d} \cdot d = -4qU$

$$V_A^2 = V_0^2 + 2\vec{a}_0 \cdot \vec{S}_1 = V_0^2 + 2 \cdot \frac{qU}{md} \cdot d \cdot \frac{1}{4} = V_0^2 + \frac{qU}{2m}$$

Ответ: 1) $\frac{qU}{md}$

2) $-4qU$

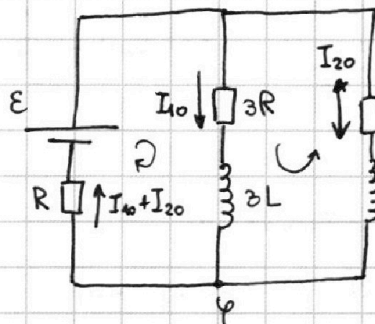
3) $\sqrt{V_0^2 + \frac{qU}{2m}}$

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!

Задача №4.

1) Рассм. цепь при разомкнутом ключе. Часть цепи, где ключ разомкнут можно не рассматривать.

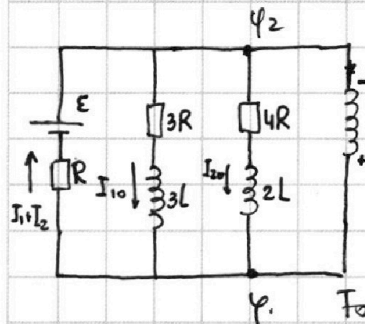


Цепь в устан. состоянии $\Rightarrow$ напряжения на катушках $3L$ и $2L$ отсутствуют
 $U_{3L}^{st} = U_{2L}^{st} = 0$ - го напрн. на катуш. го отмыкания ключа. Попытаемся найти величины токов, протекающих через резисторы, через $3R$ и $3L$ течет ток I_0 ; через $4R$ и $2L$ течет ток I_{20} .
 По 1 правилу Кирхгофа через E и R течет ток $I_0 + I_{20}$, вверх

2 Правило Кирхгофа: $\varphi + 4RI_{20} - 3RI_0 = \varphi$ ($U_{3L}^{st} = U_{2L}^{st} = 0$) $\Rightarrow I_{20} = \frac{3}{4} I_0$

$\varphi - R(I_0 + I_{20}) + E - I_0 \cdot 3R = \varphi$ ($U_{3L}^{st} = 0$) $\Rightarrow$
 $\Rightarrow (4I_0 + \frac{3}{4} I_0)R = E \Rightarrow I_0 = \frac{4E}{19R}; I_{20} = \frac{3}{4} I_0 = \frac{3E}{19R}$

2) Рассм. цепь непосредственно после замыкания ключа, токи через катушки $3L$ и $2L$ скачком не изменяются и остаются равными I_0 и I_{20} соответственно, ток через $3L$ будет равен 0, а ток через катушку $2L$ не течет в начальный момент времени, а значит ток через E и R не изм.



Пусть этот момент - это $t=0$; токи через резисторы также не изменяются скачком: I_0 и I_{20} остаются прежними

$L; U_L(0) = 0$, ток через L возрастает; $U_L(0) = L \cdot \dot{I}_L(0) \Rightarrow \dot{I}_L(0) = \frac{U_L(0)}{L}$

2 Правило Кирхгофа: $\varphi_1 - (I_0 + I_{20})R + E + U_L(0) = \varphi_1$;

$U_L(0) = E - (\frac{3}{19} + \frac{4}{19})R \cdot \frac{E}{R} = \frac{12}{19}E \Rightarrow \dot{I}_L(0) = \frac{12E}{19L}$

φ_1 Ток на $3L$ возрастает,

Пусть ток на $3L$ возрастает. $U_L(0) = L \cdot \dot{I}_L(0) \Rightarrow \dot{I}_L(0) = \frac{U_L(0)}{L}$

2 Правило Кирхгофа: $U_L(0) = \varphi_1 - \varphi_2 = E - (I_0 + I_{20})R = E - \frac{7}{19} \frac{E}{R} \cdot R = \frac{12E}{19} \Rightarrow \dot{I}_L(0) = \frac{12E}{19L}$

3) Рассм. установившееся состояние цепи при замкнутом ключе.

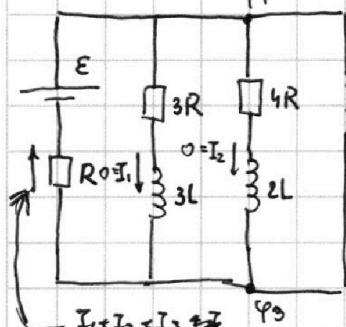
(напряжение на катушках в устан. положении всегда равно 0), $t = \tau$.

Рассчитаем токи ($U_{3L}(\tau) = U_{2L}(\tau) = U_L(\tau) = 0$)

По 1 пр Кирхгофа через R течет ток $I_1 + I_2 + I_3$

3 пр. Кирхгофа: $\varphi_3 - \varphi_4 = U_L(\tau) = 0 = -4RI_2 = -3RI_1 \Rightarrow$
 $\Rightarrow I_1 = I_2 = 0 \Rightarrow I_1 + I_2 + I_3 = I_3$

$0 = \varphi_3 - \varphi_4 = -R \cdot I_3 + E \Rightarrow I_3 = \frac{E}{R}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

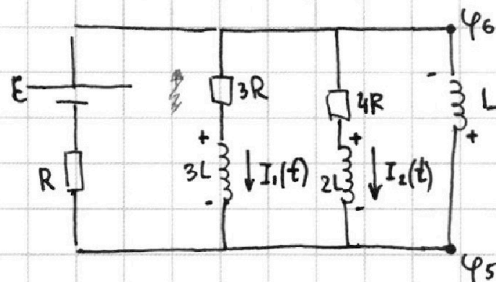
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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



4) Рассмотрим сам процесс переключения в установившемся состоянии



$I_3 \uparrow; I_1, I_2 \downarrow$; По 2 правую Кирхгофа:

$$\phi_5 - \phi_6 = \phi_6 - \phi_5 = +U_L = +L \dot{I}_3$$

$$\phi_6 - \phi_5 = +4R I_2 + \dot{I}_2 \cdot 2L = +3R I_1 + \dot{I}_2 \cdot 2L$$

$$\begin{cases} L \dot{I}_3 = 3L \dot{I}_1 + 3R I_1 & ; I_1 dt = dq_1 \\ 2L \dot{I}_2 + 4R I_2 = L \dot{I}_3 & I_2 dt = dq_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} L dI_3 = 3L dI_1 + 3R dq_1 \\ 2L dI_2 + 4R dq_2 = L dI_3 \end{cases}$$

продум. за все время перекл. упр

$$\begin{cases} L \Delta I_3 = 3L \Delta I_1 + 3R \Delta q_1 \\ 2L \Delta I_2 + 4R \Delta q_2 = L \Delta I_3 \end{cases}$$

$$2L \Delta I_2 + 4R \Delta q_2 = L \Delta I_3 \quad \text{— из второго}$$

$$\Delta q_1 = \frac{L \Delta I_3 - 3L \Delta I_1}{3R} = \frac{L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) - 3L \left(0 - \frac{4E}{19R} \right)}{3R} = \frac{19EL + 12EL}{319R^2} = \frac{31EL}{319R^2} > 0,$$

Ответ:

1) $\frac{4E}{19R}$

2) $\frac{12E}{19L}$

3) $\frac{31EL}{19R^2}$ ~~$\frac{31EL}{19R^2}$~~ ~~$\frac{31EL}{57R^2}$~~

$$\begin{array}{r} 19 \\ + 3 \\ \hline 22 \\ + 3 \\ \hline 25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ + 3 \\ \hline 22 \\ + 3 \\ \hline 25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ + 3 \\ \hline 22 \\ + 3 \\ \hline 25 \end{array}$$

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) Дано: $n_0=1$; $a=90$ см; $\alpha=0,1$ рад; $h=14$ см

1), 2): $n_1=n_0=1$; $n_2=1,7$. Т.к. $n_1=n_0$, то луч, проходящий через среду с показателем преломления n_1 (из воздуха) не преломляется и эту часть задачи можно не рассматривать

Закон Снеллиуса:

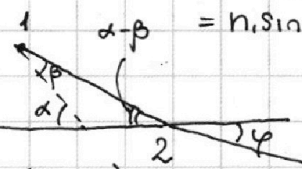
для м.1: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$;

$$\beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha \quad (\sin \alpha \approx \alpha, \alpha \ll 1)$$

$$\beta \approx \sin \beta, \beta \ll 1$$

для м.2: $n_2 \sin(\alpha - \beta) =$

$$\alpha - \beta = n_1 \sin \varphi$$



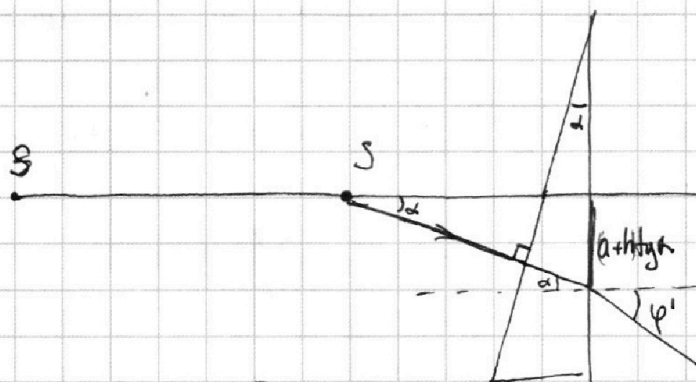
1) На $0,07$ рад.

$$\alpha - \beta \text{ и } \varphi \text{-малые} \Rightarrow \varphi = \frac{n_2(\alpha - \beta)}{n_1} =$$

$$= \frac{n_2}{n_1} \left(\alpha - \frac{n_1}{n_2} \alpha \right) = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \alpha = 0,7 \cdot 0,1 \text{ рад} = 0,07 \text{ рад}$$

$$\varphi = (n_2 - 1) \alpha$$

2) Рассм. лишь самую призму с углом α кэф. преломл. n_2



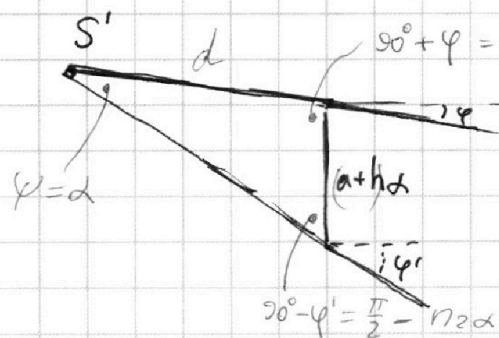
$$n_1 \sin \varphi' = n_2 \sin \alpha; \quad \varphi' = n_2 \alpha =$$

$$0,17 \text{ рад}$$

$$\tan \alpha \approx \alpha \quad (\alpha \ll 1)$$

3) Построение изобр. исл.

S' -мнимое изображение!



$$90^\circ + \varphi = 90^\circ + \frac{\pi}{2} + (n_2 - 1) \alpha$$

Теорема о Σ углов в Δ

$$\varphi = \pi - \left(\frac{\pi}{2} + (n_2 - 1) \alpha \right) - \left(\frac{\pi}{2} - n_2 \alpha \right) =$$

$$= \alpha$$

$$d = \frac{a + h \alpha}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - n_2 \alpha \right)} \approx \frac{a + h \alpha}{\sin \alpha}$$

$$d = \frac{a + h \alpha}{\alpha} = \frac{a}{\alpha} + h$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

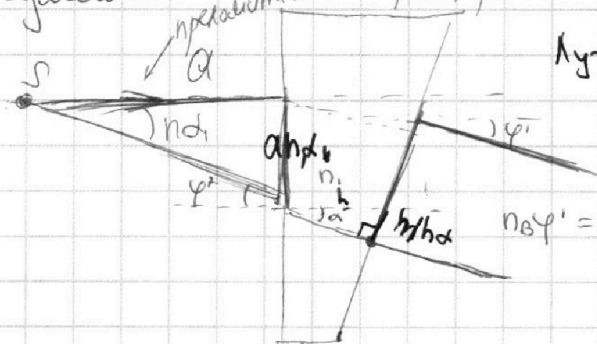
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

③ продолжение

Расстояние между источником и изображением: $|a+h-d| = |a+h - \frac{a}{2} - \frac{h}{2}| =$
 $\frac{a+h}{2}(\frac{1}{\alpha} - 1) = 9a+9h = 810+126 \text{ см} = 936 \text{ см}$
 $= 2\frac{a}{\alpha} - \frac{a}{2} = a(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{2}) = 9a = 81 \text{ см}$ — изображение минимальное
 (по одну ст. от границы)

3) Теперь уже надо рассматривать всю систему из кристаллов.

Заметим, что отдельно лишь часть кристалла n_1 при малых α сделает минимальное изображение источника S' , кристалл расстояние от источника до его изобр. в 1 кристалле мы посчитали
 суммируем



луч, $\perp$ границе раздела, не преломл.

$$n_1 \phi' = n_1 \alpha; \phi' = n_1 \alpha$$

$$a n_1 + h - a \neq l$$

Потом считаем минимальное изобр. от изобр.

Потом считаем изобр. минимального изобр. S' в кристалле с показателем n_2
 $d' = \frac{a n_1 + h}{\alpha}$ — это действ. изобр. (как изображение минимального в кристалле).

$$d' + a + h = \frac{a n_1 + h}{\alpha} + a + h = 14 + \frac{1,4 \cdot 90 + 14}{0,1} \neq 90 + 14 =$$

$$= 14 \cdot 100 + 90 + 14 = 1400 + 104 = 1504 \text{ см}$$

(по разнице сторон от границы!) — действ. изобрет и действ. изобр.

Ответ: 1) 0,07 рад.

2) 207 см 936 см

3) 1504 см



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

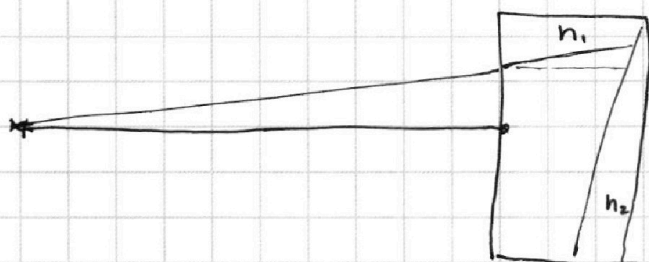
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

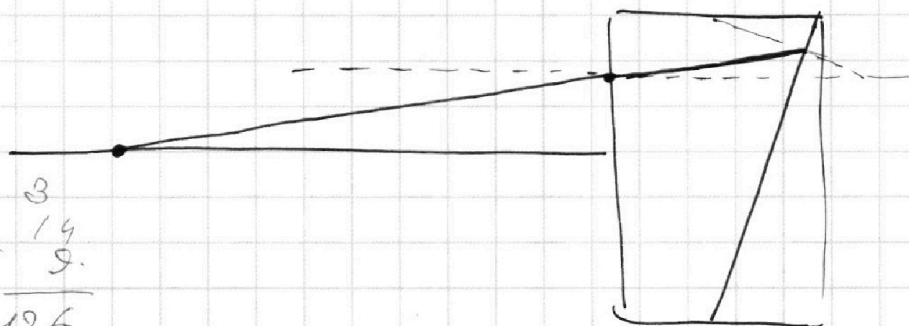
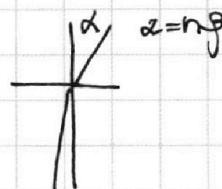
МФТИ

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

Черновик.



$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$



3
14
9.
126

+ 810
126
936

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

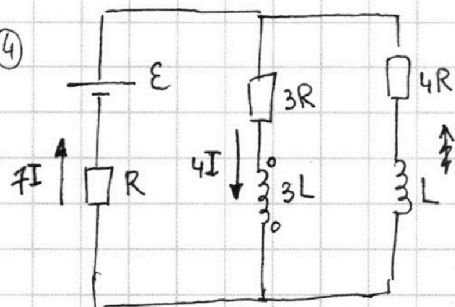
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



④



В устном положении

$$U_L = -LI$$

Эпо череве!!!!!!

!!! 2 4

$$\varphi - IR + E - 12IR = \varphi; \quad I = \frac{E}{13R}$$

12,5

$$11.88 \quad 3.88 \quad = 24.11$$

$F_T - F_{comp}$

1 /

$$E = 12RI + 7IR \Rightarrow I = \frac{E}{19R}; \quad 4I = \frac{4E}{19R}$$

$$\frac{dW}{dt} = 0$$

$$E_T - F_{comp} = 0$$

$$m = 1500 \text{ кг}; \quad F_k = 600 \text{ Н}$$

$$\frac{dW}{dt}$$

$$\begin{array}{r|l} 6 & 0 & 0 & 0 & 2 & 5 \\ \hline 5 & 0 & & & 2 & 4 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 & & & & \\ \hline 1 & 0 & 0 & & 3 & 1 \\ \hline 0 & 0 & & 3 & 1 \end{array}$$

$$+ 10 \cdot 12$$

$$\begin{array}{r} 2 & 4 \\ 2 & 4 \end{array}$$

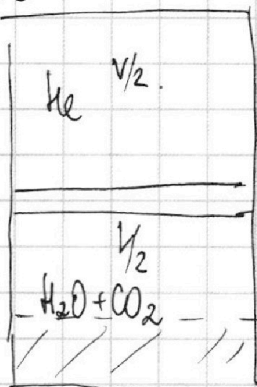
$$2425 - 10 \cdot 24 \cdot 25 = 10 \cdot 12 \cdot 50 = 10 \cdot 6 \cdot 100 = 600$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ 24 \end{array}$$

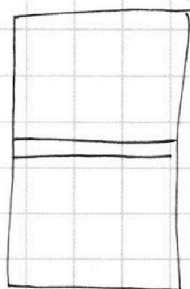
50

②



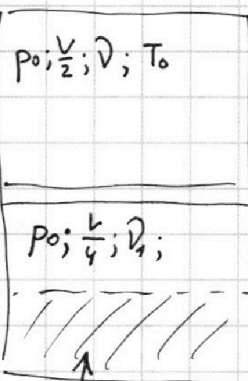
$$\begin{array}{r} 31 \\ 31 \\ + 93 \\ \hline 961 \end{array}$$

Поршень невисит $\Rightarrow$ сила грав. действ. на поршень равна $\Rightarrow$ все сбаланс.
Темпер.: $\Delta D = k p w$



$$p_0, p_0(T)$$

$$pV = \nu RT \quad RT = \frac{p_{max} V}{\nu}$$



$$p_0; \frac{V}{2}; \nu; T_0$$

$$p_0; \frac{V}{4}; \nu;$$

$$p_2 = k p \frac{V}{4}$$

p.

$$\begin{array}{r} 3 & 5 \\ 3 & 5 \\ \hline 8 & 5 \\ + 9 & 0 & 5 \\ \hline 1 & 7 & 2 & 5 \end{array}$$

$$1 & 1 & 2 & 5$$

$$\begin{array}{r} 2 & 5 \\ 2 & 5 \\ \hline 6 & 2 & 5 \end{array}$$

$$35 \cdot 35 = 1225$$

$$G = 2 - 11$$

142

$$\begin{array}{r} 196 \\ 492 \\ \hline 5824 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

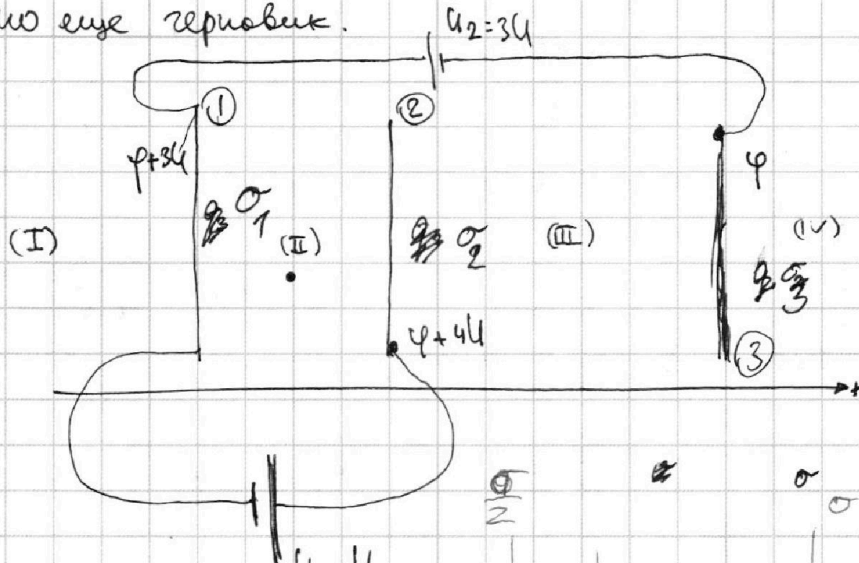
МФТИ

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



Это еще черновик.

Витина массой m и
зарядом $q > 0$.



$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

$$E_I = -\frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{II} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{III} = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{IV} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} = U$$

$$2\epsilon_0 U d = \sigma_0$$

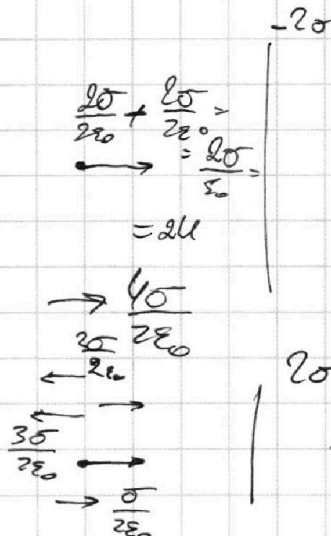
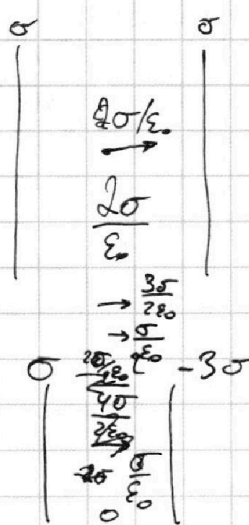
$$U d = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$-4U d = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} \quad A$$

$$\frac{B}{M}$$

$$E = \frac{h}{k\lambda} = \frac{h \cdot \omega}{c^2} = \frac{h \cdot \omega}{k\lambda \cdot c^2} = \frac{h \cdot \omega}{k\lambda \cdot c^2}$$

$$B = \frac{2\pi\hbar}{k\lambda} = \frac{h \cdot \omega}{k\lambda \cdot c^2}$$



$$\frac{2\sigma}{\epsilon_0} = 2$$

$$\frac{3+2-1}{2\sigma_2} = \frac{4}{2\sigma_2}$$