



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

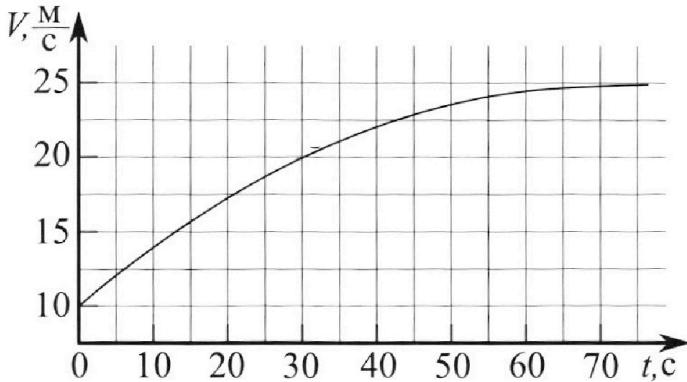


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

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

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

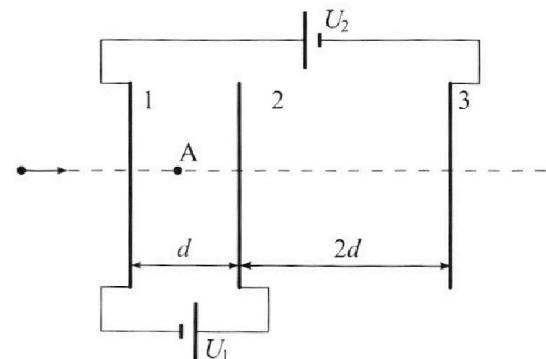


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагревали 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 v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kp_w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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

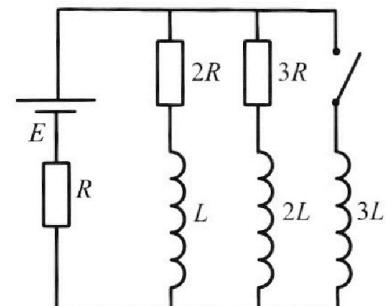
Вариант 11-01

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.

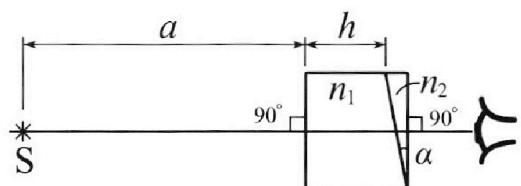
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

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 $n_{\text{в}} = 1,0$. 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.

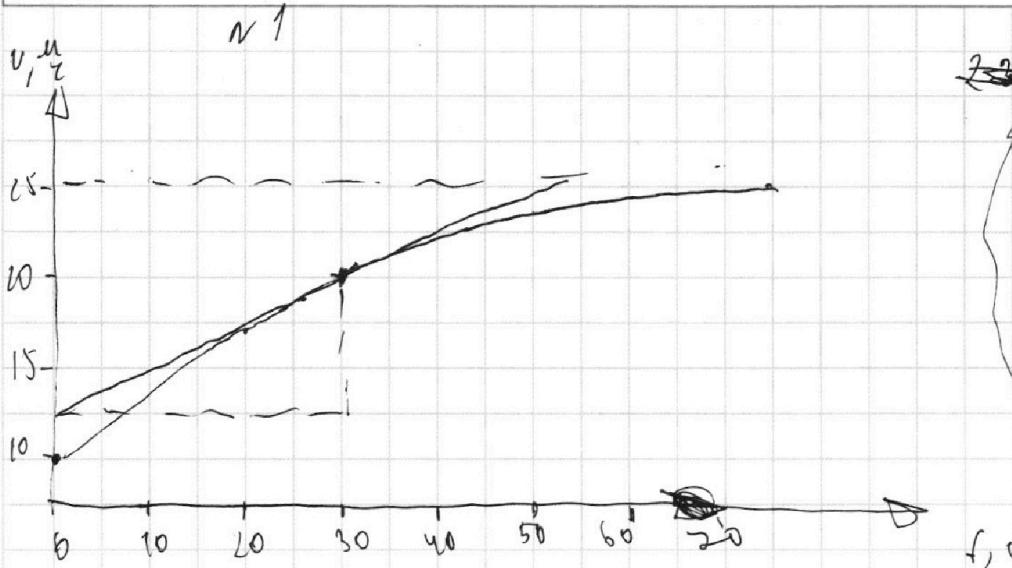
- 1) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
-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



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

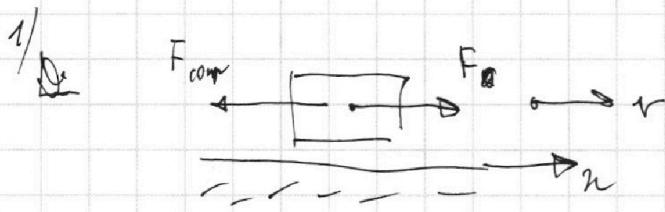
МФТИ

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



~~234~~ *Ответ:*

- 1) $a_1 = 0,25 \frac{m}{s^2}$
- 2) $F_1 = 850 \text{ Н}$
- 3) $P_1 = 17 \text{ кВт}$



234 Отв:

$$F_k - F_{\text{comp}} = m a_x$$

$$F - \alpha v = m a_x$$

В конце разгона автомобилю требуется с некоторой скоростью \Rightarrow
 $\Rightarrow F_k = dV \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{V} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{m}{s}} = 20 \left(\frac{\text{Н}}{\text{s}} \right)$

~~Касательные~~ ~~коэффициенты~~ коэф. трения касательной и нормальной
трение превышает радиус ускорения автомобиля.

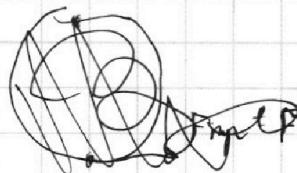
Таким образом при скорости $V_1 = 20 \frac{m}{s} \cdot \alpha = \frac{dV}{dt} = \frac{12,5}{30} =$

$$= \frac{12,5}{30} = 0,25 \left(\frac{m}{s^2} \right).$$

2) $F_1 - \alpha V_1 \geq m a_1 \Rightarrow F_1 = \alpha V_1 + m a_1 \Rightarrow F_1 = 20 \cdot 20 + 1000 \cdot 0,25 =$
 $= 400 + 625 = 850 \text{ (Н)}$

3) ~~Рассмотрим~~ ~~наши~~:

~~Сила тяжести~~
~~направлена~~
~~в горизонтальную~~
~~сторону~~
~~нормальная~~
~~сила~~
~~направлена~~
~~в горизонтальную~~

По определению:

$$p = \frac{dA}{dt} = \frac{F \cdot dS}{dt} =$$

$$= F v. \text{ Таким образом}$$

$$P_1 = F_1 v_1 = 850 \cdot 20 = 17 (\text{кВт})$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ



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

н2 (продолжение)

$$V_2 = V_{20} + \Delta V_0 - \Delta V = V_{20} + k p_0 \frac{V}{q} - k p_2 \frac{V}{q} = V_{20} + k \frac{V}{q} (p_0 - p_2)$$
$$p_2 = p - \text{Парциал} \Rightarrow V_2 = V_{20} + k \frac{V}{q} (p_0 - p + \text{Парциал}) = V_{20} + k \frac{V}{q} (-\frac{17}{p} p_0 + p_0)$$

$$(\frac{25}{p} p_0 - \text{Парциал}) \cdot \frac{11}{20} V = (V_{20} + k \frac{V}{q} (\text{Парциал} - \frac{17}{p} p_0)) R T$$

$$\frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} \text{Парциал} V = V_{20} R T + \cancel{k \frac{V}{q} \text{Парциал}} + \cancel{k \frac{V}{q} \text{Парциал}^2} -$$

$$-\frac{17}{p} \frac{p_0 V}{q} K K T$$

$$\text{По условию } K K T = 1 \Rightarrow \frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} \text{Парциал} V = V_{20} K T + \cancel{\text{Парциал} V} - \frac{17}{32} p_0 V$$

$$V_{20} K T = \frac{5}{q} V_{20} K T_0 = \frac{5}{76} p_0 V \quad (\text{из (3)}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} \text{Парциал} V = \frac{5}{76} p_0 V + \cancel{\text{Парциал} V} - \frac{17}{32} p_0 V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{35}{32} p_0 V - \frac{10}{32} p_0 V + \frac{17}{32} p_0 V = \frac{11}{20} \text{Парциал} V + \frac{5}{20} \text{Парциал} V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{31}{16} \frac{62}{32} p_0 V = \frac{44}{5} \text{Парциал} V \Rightarrow \frac{31}{76} p_0 = \frac{4}{5} \text{Парциал} \Rightarrow p_0 = \frac{64 \text{Парциал}}{955}$$

Однако $\cancel{p_0 = \frac{64}{955} \text{Парциал}}$ и $\cancel{2} \leq 2$

$$2) p_0 = \frac{64}{155} \text{Парциал}$$

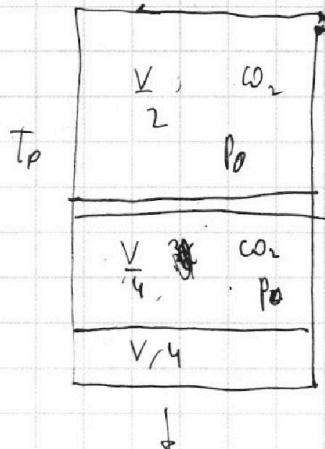


- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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

№ 2 (чертеж)



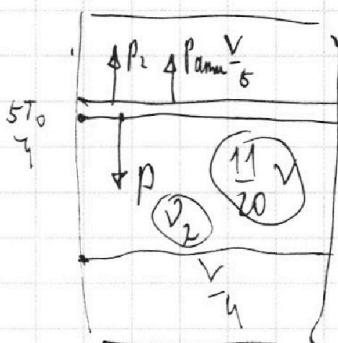
Две задачи при комнатной температуре:
• Тело как нормальное в равновесии, то давление должно быть
и первому равно.

$$p_0 \frac{V}{2} = V_{10} k T_0 \quad (1)$$

Но

$$\lambda = \frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{\frac{V}{2}}{\frac{V}{4}} = 2$$

$$\frac{3V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{11}{20} V$$



После нагревания

Рассмотрим общее кол-во угл. газа в ~~комнате~~ части ~~газа~~ рабочего V :

$$V = V_{20} + \Delta V_0 = V_{20} + \Delta V = \text{const} = \frac{V}{2}$$

По замечанию Гейя $\Delta V_0 = k p_0 \frac{V}{4}$

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

Две задачи ~~одинаковые~~: $p \frac{V}{5} = V_{10} k \cdot \frac{3}{4} T_0 \quad (2)$

Подставим (2) в (1): $\frac{pV}{2} = \frac{5}{4} V_{10} k T_0 = \frac{2}{5} p_0 = \frac{5}{9} p_0 \Rightarrow p = \frac{25}{9} p_0 \Rightarrow$

~~$\Rightarrow p = \frac{25}{9} p_0 = \frac{25}{32} k p_0$~~

При нормальном давлении уменьшилось в ~~100°C~~ на $100^\circ C \Rightarrow p_{8.0} = p_{atm}$

При нормальном давлении $\Rightarrow p_2 + p_{atm} = p = \frac{25}{9} p_0$

Две угл. газа при нормальном давлении $p_2 V_2 = V_2 k \cdot \cancel{T}$

$$k_2 = V_{20} - V_0 - \Delta V = V_{20} - \frac{17}{32} k p_0 \cancel{T} \Rightarrow V_2 = V - \frac{V}{4} = \frac{11}{10} V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{11}{20} V = \frac{11}{32} k p_0 \cancel{T} \Rightarrow p_2 = \frac{11}{32} k p_0 \cancel{T} = V_{20} k T - \frac{17}{32} p_0 V \cdot \cancel{k T}$$

$$V_{20} k T_2 = \frac{5}{9} V_{20} R \cdot T_0 =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

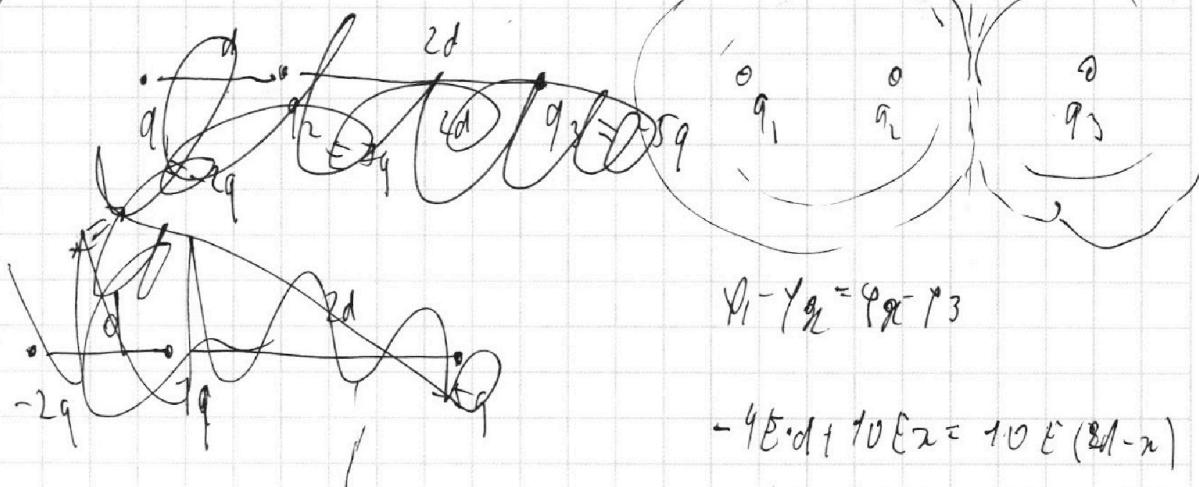
МФТИ



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

№3 (продолжение)

не расстаскин \Rightarrow разбросов нет, сдвиги включают токами зарядами существуют поверхности с $\rho = 0 = \rho_\infty$ $\varphi = 0 = \varphi_\infty$



$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{985}{3}$$

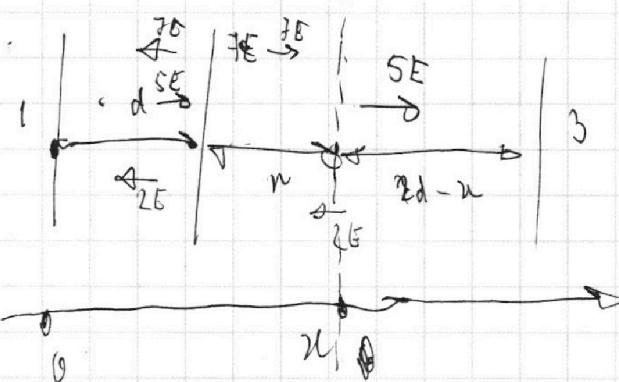
$$-4E \cdot d + 10E \cdot x = 10E(2d-x)$$

$$-4Ed + 10Ex = 20Ed - 10Ex$$

$$-4Ed = 20Ex \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{6}{5}d$$

- координата поверхности с находящимися 0:
с потенциалом



36) где v_0 известна

$$\frac{mv^L}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = q(\varphi_1 - \varphi_\infty) =$$

$$= q\left(-\frac{4}{5}\frac{u}{d} + \frac{5}{2}\frac{u}{d}\right) =$$

$$= q\left(-\frac{2}{5}u + 3u\right) = -\frac{7}{5}qu$$

$$v^2 - v_0^2 = \frac{14}{3}\frac{qu}{m}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{14}{3}\frac{qu}{m}}$$

$$\varphi = 0 = \varphi_\infty$$

$$1) a = \frac{uq}{md}$$

$$2) k_1 - k_2 = qu$$

$$3) \sqrt{v_0^2 + \frac{14}{3}\frac{qu}{m}} = \sqrt{v_0^2 + \frac{14}{3}\frac{qu}{m}}$$

Ответ:

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

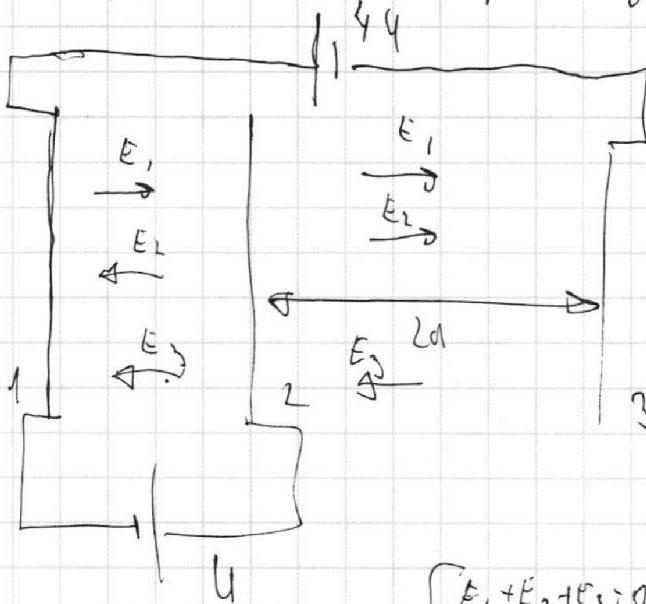
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

МФТИ



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

1/3 (начало)
 Движение септиков $\Rightarrow d \approx$ напряженность поле, создаваемое
 септиком ~~изолированные~~ не зависит от расстояния до
 септика (при малых) и пропорционально заряду септика.



Септик заряд септик
 равен нулю, т.к.
 изолированные заряды, а не создают
 их. Потенциал отсутствует.

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ U = (E_3 + E_2 - E_1)d \end{array} \right.$$

~~5U = U + (E_1 + E_2 - E_3)d~~

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ U = (E_3 + E_2 - E_1)d \\ 5U = (E_1 + E_2 - E_3)d \end{array} \right. \quad (1)$$

~~(2)~~

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ \frac{U}{d} = E_3 + E_2 - E_1 \\ 5\frac{U}{d} = E_1 + E_2 - E_3 \end{array} \right. \quad (3)$$

$$(3) - (1): 5\frac{U}{d} - 0 = -(E_3 - E_1)d \Rightarrow E_3 = -\frac{5U}{2d}; \quad (3) - (1):$$

~~(2) - (3):~~ ~~5U = 2E_2~~ ~~2(2) + (3):~~

$$\frac{5U}{2d} - 0 = -(E_3 - E_1)d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_3 = -\frac{5U}{2d}$$

сумма (2) и (3): $\frac{7U}{2d} = 2E_2 \Rightarrow E_2 = \frac{7U}{4d} \Rightarrow E_1 = -E_2 - E_3 = -\frac{7U}{4d} - \frac{5U}{2d} = -\frac{11U}{8d}$

1) 2) 3) все заменим: $(E_1 + E_2 - E_3)q = ma \Rightarrow a = \frac{U}{d} q = ma \Rightarrow$
 $\Rightarrow a = \frac{Uq}{md}$

2) 3) все заменим: $k_2 - k_1 = A_{21, \text{норм}} = (E_1 - E_2 - E_3)qd = -\frac{U}{d} qd \Rightarrow$
 $\Rightarrow k_1 - k_2 = qU$

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"/> |

МФТИ

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

n⁴ (упрощение)

Две катушки A := ② преб. параллельно:

$$-L \frac{dI_1}{dt} + 3L \frac{dI_3}{dt} = 2I_1 R \quad (-dt) \Rightarrow -L dI_1 + 3L dI_3 = 2I_1 R$$

Просуммируем по всем dt : $\Rightarrow -L \Delta I_1 + 3L \Delta I_3 = 2q_1 R =$

$$\Rightarrow -L (I_{1K} - I_{10}) + 3L (I_{3K} - 0) = 2q_1 R.$$

В упрощении решение тока может не совпадать $\Rightarrow U_{3L} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{2K} = 0, I_{1K} = 0$; весь ток циркулирует по внешней катушке

и равен $I_K = I_{3K} = \frac{E}{R} \Rightarrow -L (0 - I_{10}) + 3L \frac{E}{R} = 2q_1 R \Rightarrow 4I_0 + 3L \frac{E}{R} = 2q_1 R \Rightarrow$

$$\Rightarrow L \frac{3E}{11R} + 2q_1 \frac{LE}{R} = 2q_1 R \Rightarrow 3 \frac{LE}{11R} + 3q_1 \frac{LE}{R} = 2q_1 R \Rightarrow \frac{36LE}{11R} = 2q_1 R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{18LE}{11R^2}$$

Однако: 1) $I_{10} = \frac{3E}{11R}$

2) $\frac{dI_3}{dt} = \frac{2E}{11RL}$

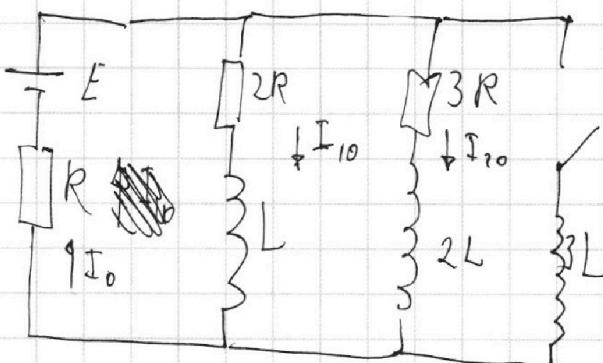
3) $q_1 = \frac{18LE}{11R^2}$



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

МФТИ

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

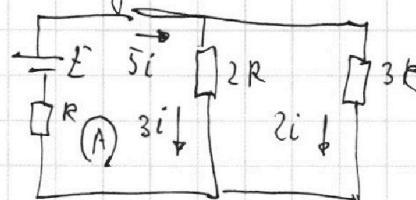
n⁴ (начало)

Рассмотрим токи обратно
против сопротивление // - вид
внешней

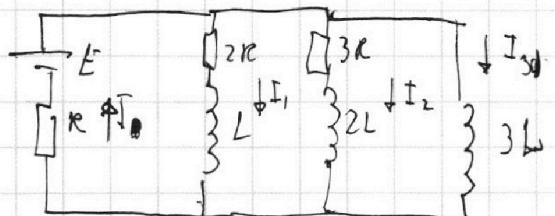
2 прав. контура где контуре (A): $E = 5iR + 6iR \Rightarrow i = \frac{E}{11R}$
 $I_{10} = 3i = \frac{3E}{11R}$; Через резистор R: $I_0 = 5i = \frac{5E}{11R} \Rightarrow I_{20} = \frac{2E}{11R}$

1) Если токи разделились:

Решение устанавливается =>
 \Rightarrow токи то есть всплеск не
меняются => на катушку не
нагревают напряжение.



2) Сразу же замыкаем ход:

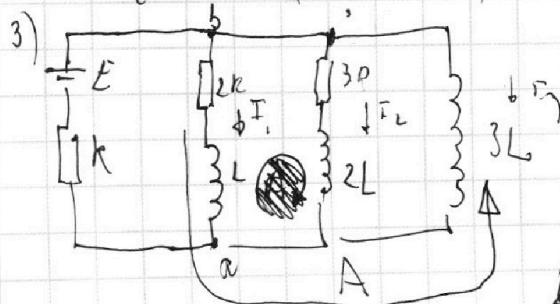


Внешний вид
 ~~$I = I_1 + I_2 + I_3$~~
 $I_1 = I_{10}$, т.к. катушка не подключена
~~также~~ тому что было погашено

Аналогично $I_2 = I_{20}$; $I_3 = 0 \Rightarrow$ Замыкаем 2 прав. контура
где внешнего контура:

$$E - 3L \frac{dI_3}{dt} = I_0 R \Rightarrow 3L \frac{dI_3}{dt} = E - I_0 R \Rightarrow 3L \frac{dI_3}{dt} = E - \frac{5E}{11R} = \frac{6E}{11R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dI_3}{dt} = \frac{2E}{11R \cdot 3L} = \frac{2E}{33RL}$$



2 прав. контура где контуре (A):

$$I \frac{dI}{dt} + 2I \frac{dI}{dt} = -2I_1 R + 3I_2 R \quad (\text{diff})$$

$$I \frac{dI}{dt} + 2L \frac{dI}{dt} = -2I_1 R + 3I_2 R \quad (\Sigma)$$

Изолированный
то есть dI/dt

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

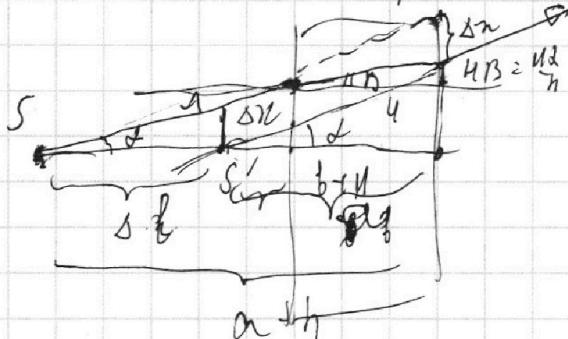


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

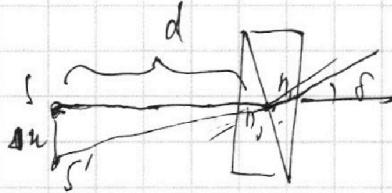
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

изображение δ по склону наклоненой плоскости



$$\begin{aligned} \delta l &= \frac{\Delta n}{2} \Rightarrow \Delta n = (\alpha + \beta) \delta l \\ - (\alpha + \beta) \delta l &= \beta = \frac{\delta l}{n} \\ (\alpha + \beta) \delta l &= \alpha \delta l + \frac{\delta l}{n} \Rightarrow \\ \Rightarrow 4(1 - \frac{1}{n}) &= \delta l \Rightarrow \delta l = 4 \frac{(n-1)}{n} \end{aligned}$$

изображение δ сопоставлено признакам.



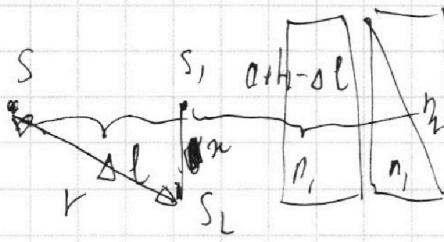
анализирую тупику f:

$$n_1 \delta l = n_2 \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_1 \delta l}{n_2} \Rightarrow f = \delta l - \frac{n_1}{n_2} \delta l$$

$$n_2 \beta = \delta l \Rightarrow f = (n_2 - n_1) \delta l \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{сопоставление } \alpha = \delta l = d(n_1 - n_2) \Rightarrow (a + h)(n_1 - n_2) \delta l = 200 \cdot 0.2 \cdot 0.1 = 4.000$$

3) У нас имеем в виду что склон наклонен под углом α к горизонту
 s_1 -изображение S по склону, s_2 -изображение s_1 в призме



$$K = \sqrt{\delta l^2 + x^2} = \sqrt{\left(\frac{H(n-1)}{n}\right)^2 + ((a+h-\delta l)(n_2-n_1)\delta l)^2}$$

$$S_1 - \text{искомое} \Rightarrow r = \sqrt{(\delta l)^2 + (x)^2} =$$

$$= \sqrt{(\delta l)^2 + ((a+h-\delta l)(n_2-n_1)\delta l)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{H(n-1)}{n}\right)^2 + \left((a+h-\delta l)(n_2-n_1)\delta l\right)^2} = \sqrt{\delta l^2 \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 + \left(a+h-\frac{H(n-1)}{n}\right)^2 (n_2-n_1)^2 \delta l^2} =$$

$$= \sqrt{9^2 \cdot \left(\frac{15-1}{15}\right)^2 + \left(194 + \frac{9}{15}\right)^2 (0.2)^2 \cdot (0.1)^2} = \sqrt{1 + (200 \cdot 0.02)^2} =$$

$$= \sqrt{17} \text{ cm}$$

ответ 1) ~~17 см~~ 0.02 рад

2) 14.2 см

3) $\sqrt{17}$ см

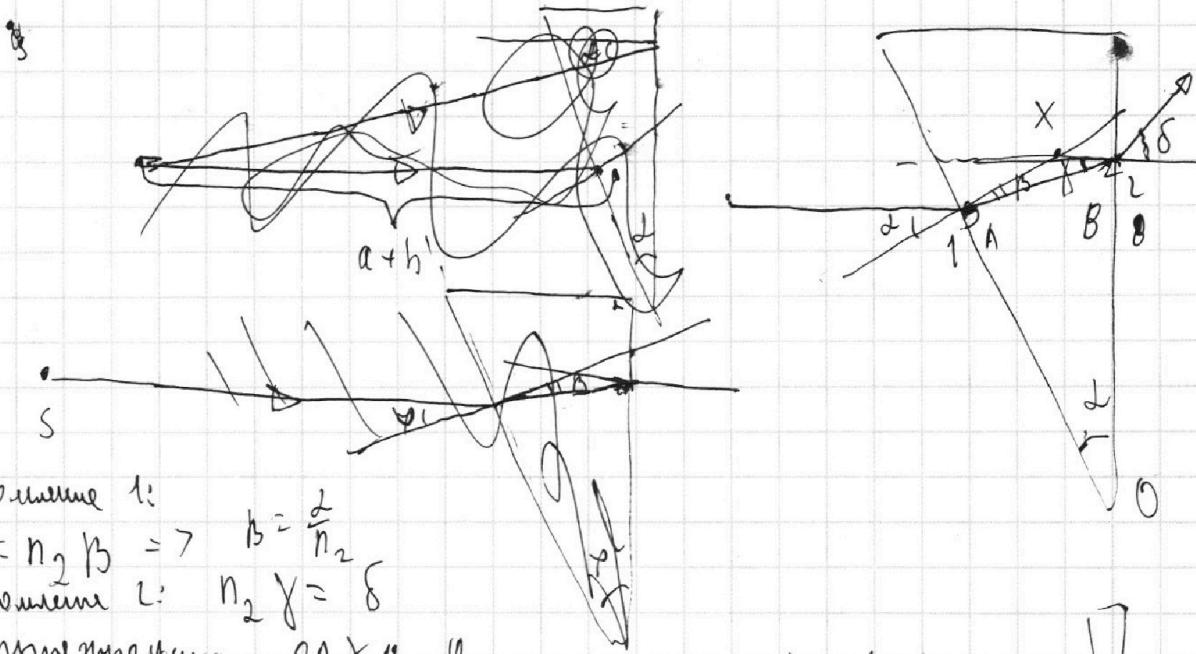
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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



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

№5 (изогас)

1) Если $n_1 = n_2$, то изогасший лучик может вообще убрать.
Рассмотрим преломление лучей, будущий изогасший лучик уйдет к Г0.



1) Преломление 1:

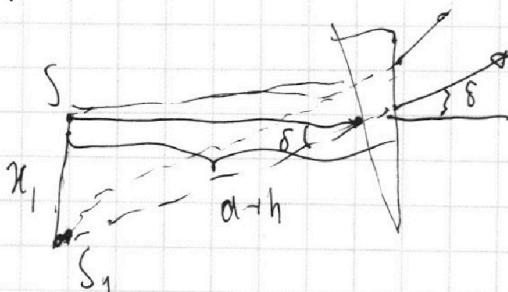
$$\alpha = n_2 \beta \Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{n_2}$$

Преломление 2: $n_2 \gamma = \delta$ Четвертакутник $OAB\delta$ - физиками $\Rightarrow \angle A\delta B = 180^\circ - \alpha$

$$\text{В } \triangle A\delta B: 180^\circ = \beta + \gamma + (\alpha - \alpha) \Rightarrow \beta + \gamma = \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma = \alpha - \beta = \alpha - \frac{\alpha}{n_2} = \frac{(n_2 - 1)}{n_2} \alpha \Rightarrow \delta = n_2 \alpha - \alpha = (n_2 - 1) \alpha = 0,02 \text{ радиан}$$

2)



Глазные с мелкими зрачками считают картинку на х, по "бумажки", потому:

$$\begin{aligned} x_1 &= (a+h) \tan \delta \approx (a+h) \delta = \\ &= (a+h) (n_2 - 1) \alpha = 203 \cdot 0,07 \approx \\ &\approx 14,2 \text{ см} \end{aligned}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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

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

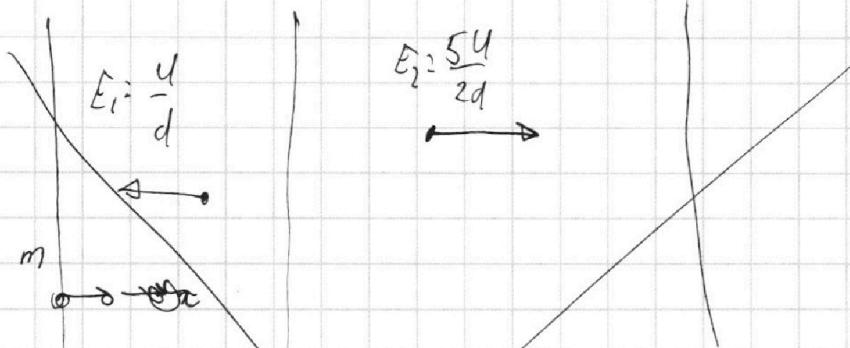
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



МФТИ

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



1) 2 3 4 ~~не~~ ~~запись~~ где запись:

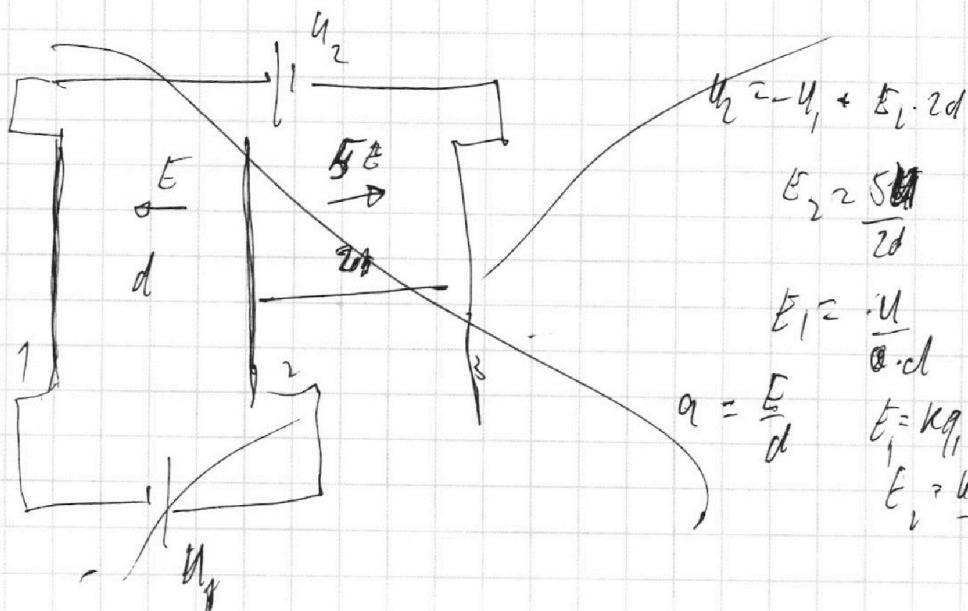
$$E_1 q = m a \Rightarrow a = \frac{E_1 q}{m} = \frac{U q}{dm}$$

2) 3 (?) где запись: $k_2 - k_1 = A_{\text{запись}} \rightarrow k_2 = k_1 + A_{\text{запись}}$

$$\Rightarrow k_2 - k_1 = -E_1 q d \Rightarrow k_1 k_2 = E_1 d = U q$$

3) 3 (?) где запись:

$$k_{13} - k_1 = -E_1 q \frac{d}{3} \Rightarrow \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -\frac{Uq}{3} \Rightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{Uq}{3} \Rightarrow v^2 = v_0^2 + \frac{2Uq}{3m} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2Uq}{3m}}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

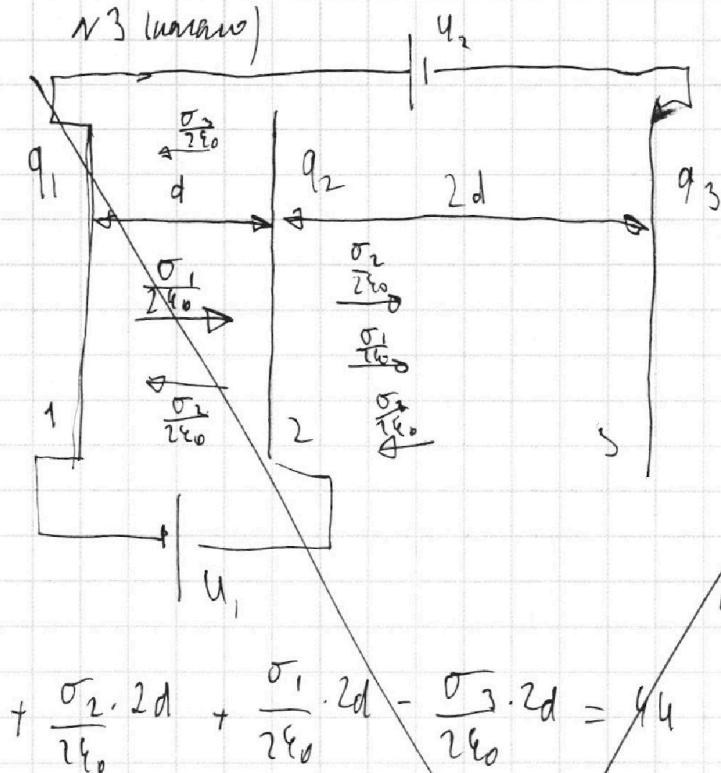


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

МФТИ

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

N3 (матч)



Заметим, что $q_1 + q_2 + q_3 = 0$,

т.к. цепочки могут
лишь разделить заряды
так как $s > d$, то напряжения
каждой из пачек одинаковы.

$$E_i = \frac{q_i}{2\epsilon_0 s} = \frac{\sigma_i}{2\epsilon_0}$$

$$U_1 = \frac{\sigma_2 d}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_1 d}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3 d}{2\epsilon_0} = U$$

$$U_2 = \underbrace{\frac{\sigma_1 d}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2 d}{2\epsilon_0}}_{-U} - \frac{\sigma_3 d}{2\epsilon_0} +$$

Получим систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \\ U = \frac{d}{2\epsilon_0} (\sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_3) \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \\ \frac{2\epsilon_0 U}{d} = \sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_3 \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\frac{5U}{d} = \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 \quad (3)$$

$$\text{Вычитая } (1) \text{ из } (3): \quad 0 - \frac{5U}{d} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 - (\sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_3) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sigma_3 = -\frac{5U}{2d}$$

$$\text{Изменя } (2) \text{ и } (3): \quad \frac{7U}{d} = \sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_1 - \sigma_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sigma_2 = \frac{7U}{2d}$$

$$\sigma_1 = -\sigma_2 - \sigma_3 = -\frac{7U}{2d} + \frac{5U}{2d} = -\frac{2U}{2d} = -\frac{U}{d}$$

Напряжение между пачками ~~1~~ 2 и 1: $E_1 = \frac{U_1}{d}$