



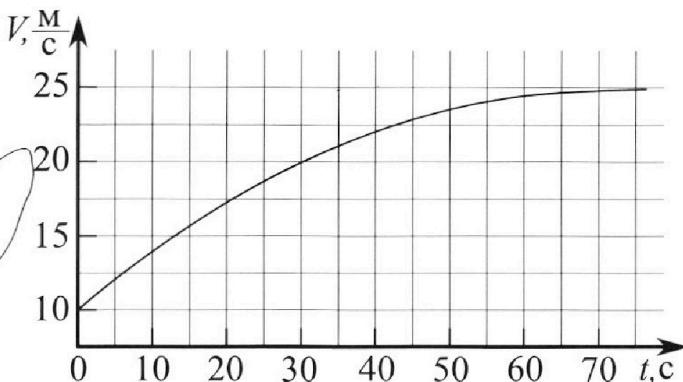
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**



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?

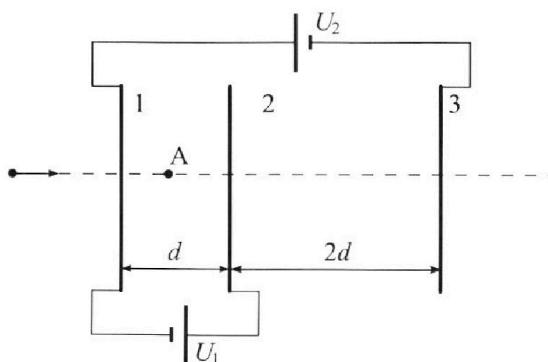
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 и пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p w$. 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 $R T \approx 3 \cdot 10^3$ 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 А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

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

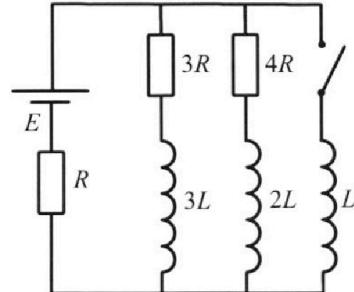
Вариант 11-03

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

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

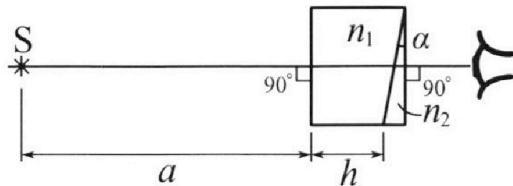
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ при замкнутом ключе?

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 $n_b = 1,0$. 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.

- 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.





- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

Задача №1)

Дано:

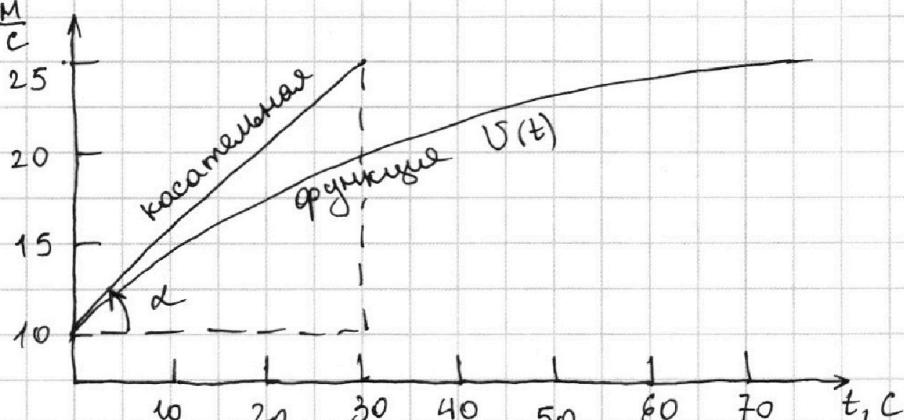
$$F_k = 600 \text{ Н}$$

$$m = 1500 \text{ кг}$$

$$F_{\text{сопр}} \sim V$$

$$F_{\text{сопр}} = kV$$

$$\vec{F}_{\text{сопр}} = -k \vec{V}$$



1) Заметим, что в конце района функция $V(t)$ принимает максимум (точка экстремума) \Rightarrow раз движение вдоль одной прямой, то $a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \dot{V} -$ модуль ускорения есть производная по времени модуль скорости. \Rightarrow в конце района $\dot{V} = 0$, а значит $a = 0$. (точка экстремума)

По II з-му Ньютона для тела массой m в этот момент:

$$\sum_i \vec{F}_i = m \vec{a} \rightarrow \text{если } a = 0 \text{ в конце района,}$$

то $\sum_i \vec{F}_i = \vec{0} \Rightarrow$ если действуют только сила сопротивления $\vec{F}_{\text{сопр}}$ и сила тяжести $\vec{F}_{\text{грав}}$ и они $\vec{F}_{\text{сопр}} \uparrow \vec{F}_{\text{грав}}$

$\Rightarrow F_{\text{грав}} - F_{\text{сопр}} = 0 \Rightarrow F_{\text{грав}} = F_{\text{сопр}}$. Г.к. $F_{\text{сопр}} \sim V$, то введём коэффициент пропорциональности k .

$$\Rightarrow F_{\text{грав}} = k \cdot V, \text{ г.к. в конце района } V = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$\text{а } F_{\text{грав}} = F_k = 600 \text{ Н}, \text{ то } \boxed{k = \frac{F_k}{V} = \frac{600 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}}$$

2) Ускорение в начале есть касательная к графику функции $V(t)$ в точке, где $V = V_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ и $t = 0 \text{ с}$, а ускорение есть $\dot{a} \alpha$, где α - угол наклона касательной к оси Ot .

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"/> |

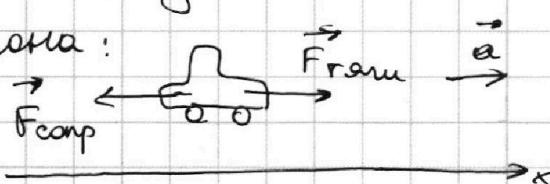
МФТИ

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

Из графика: $\tan \alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{25-10}{30} = \frac{15}{30} = \frac{1}{2} = 0,5$

$\Rightarrow a_0 = 0,5 \frac{m}{s^2}$ - ускорение в начале разгона

По II з-му Ньютона для тела массой m в начале разгона:



$$\vec{F}_{\text{торм}} + \vec{F}_{\text{сопр}} = m\vec{a}$$

$$F_{\text{торм}} - F_{\text{сопр}} = ma$$

$$F_{\text{торм}} - k \cdot 15 = ma$$

В начале разгона:

$$ma = a_0 = 0,5 \frac{m}{s^2}; v = v_0 = 10 \frac{m}{s} \text{ и } F_{\text{торм}} = F_0$$

$$\Rightarrow F_0 - k v_0 = m a_0 \rightarrow F_0 = k v_0 + m a_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_0 = 24 \cdot 10 + 1500 \cdot 0,5 = 240 + 750 = 990 \text{ Н}$$

$$(P_0 = F_0 \cdot v_0 = 990 \cdot 10 = 9900 \text{ Вт}) \quad \cos(\vec{F}_{\text{торм}}; \vec{v}) = 1$$

Ответ: 1) $a_0 = 0,5 \frac{m}{s^2}$; 2) $F_0 = 990 \text{ Н}$; 3) $P_0 = 9900 \text{ Вт}$

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input 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!

Задача №2)

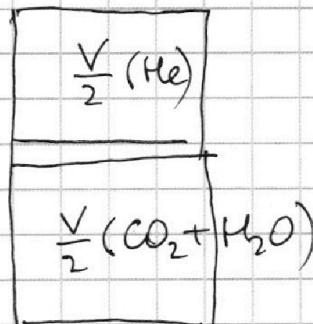
(V; T₀)

$$P_{\text{ATM}} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 373 \text{ K}$$

$$V_{\text{хол}} = \frac{V}{4}$$

$$\Delta P = k \rho w$$



Т.к. поршень находится в равновесии, то
 $P_{\text{He}} = P_{\text{CO}_2} = \frac{P_{\text{ATM}}}{2}$
 (следствие равенства сил давления)

Заметим, что в начале $\frac{V}{2} = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}}$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{V}{4} \Rightarrow V_{\text{CO}_2} = \frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4} \quad (V_{\text{He}} = \frac{V}{2})$$

Уп-е сост. идеального газа в начале:

$$(1) P_{\text{CO}_2} \cdot V_{\text{CO}_2} = V_{\text{CO}_2} \cdot R \cdot T_0 \Rightarrow \frac{P_{\text{CO}_2} V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{CO}_2}} = R T_0$$

$$(2) P_{\text{He}} \cdot V_{\text{He}} = V_{\text{He}} \cdot R \cdot T_0$$

$$\Rightarrow \frac{P_{\text{He}} V_{\text{He}}}{P_{\text{CO}_2} \cdot V_{\text{CO}_2}} = \frac{V_{\text{He}} R T_0}{V_{\text{CO}_2} R T_0} \Rightarrow \frac{\frac{V}{2}}{\frac{V}{4}} = \frac{V_{\text{He}}}{V_{\text{CO}_2}} \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{V_{\text{He}}}{V_{\text{CO}_2}} = 2}$$

Уп-е сост. идеального газа в конце:

$$\text{Две He: } P_{\text{He}}^* V_{\text{He}}^* = V_{\text{He}} \cdot R \cdot T = \frac{P_{\text{ATM}}}{2} \cdot \frac{V}{2}$$

из уп-я (1)

$$\text{Две CO}_2: P_{\text{CO}_2}^* V_{\text{CO}_2}^* = (V_{\text{CO}_2} - \Delta V) R T = \frac{P_{\text{ATM}}}{2} \cdot \frac{V}{4} - \Delta V R T$$

из уп-я (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 |
| <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!

Поскольку система теплоизолирована:

$$\Delta U_{ne} = \Delta U_{co2} \quad \Delta U_{ne} = -\Delta U_{co2}$$

изменение внутренней
внутренней энергии газа

изменение внутренней
энергии газа

$$\frac{3}{2} V_{ne} R (T - T_0) = -\frac{6}{2} \Delta V T \cdot R = -3R (\sqrt{V_{CO_2}} + \Delta V) \cdot T$$
$$-\sqrt{V_{CO_2}} T_0$$

$$2\pi \frac{3}{2} V_{ne} R (T - T_0) = -3R (\sqrt{V_{CO_2}} (T - T_0) + \Delta V T)$$

$$V_{ne}^* = \frac{V}{5} \Rightarrow V_{ne}^* + V_{H_2O}^* + V_{CO_2}^* = V \Rightarrow (V_{H_2O} = \frac{V}{4})$$

$$\Rightarrow V_{CO_2}^* = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{3V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{15V - 4V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$P_{CO_2}^*$ = P_{ne}^* - уст. равновесия пары.

$$\Rightarrow \frac{P_{ne}^* V_{ne}^*}{P_{CO_2}^* \cdot V_{CO_2}^*} = \frac{\frac{P_{ATM}}{2} \cdot \frac{V}{2}}{\frac{P_{ATM}}{2} \cdot \frac{V}{4} - \Delta V RT}$$

$$\frac{\frac{V}{5}}{\frac{11V}{20}} = \frac{\frac{P_{ATM} \cdot V}{4}}{\frac{P_{ATM} \cdot V}{8} - \Delta V RT}$$

$$\frac{4}{11} \left(\frac{P_{ATM} \cdot V}{8} - \Delta V RT \right) = \frac{P_{ATM} \cdot V}{4}$$

$$\Delta V RT = \left(\frac{11 P_{ATM} V}{16} - \frac{P_{ATM} \cdot V}{8} \right) = -\frac{9}{16} P_{ATM} V$$

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!

$$\Rightarrow U_2 = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0 S} \cdot 2d - U_1 = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0 S} \cdot 2d + \frac{q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d$$

$$\Rightarrow U_2 = \frac{2q_1 + 2q_2 + q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d \Rightarrow U_2 \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d} = 3q_1 + 2q_2$$

$$U_2 \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d} - 3 \cdot \left(-\frac{\epsilon_0 S}{d}\right) \cdot U_1 = 2q_2 \Rightarrow q_2 = \frac{\epsilon_0 S}{2d} (U_2 + 3U_1) > 0$$

наше предположение оказалось верным.

$$q_3 = -(q_1 + q_2) = -\left(-\frac{\epsilon_0 S}{d} U_1 + \frac{\epsilon_0 S}{2d} \cdot 3U_1 + \frac{\epsilon_0 S}{2d} U_2\right) =$$

$$= -\frac{\epsilon_0 S}{2d} (U_1 + U_2) < 0 \text{ наше предположение оказалось}$$

верным.

$$\Rightarrow E_{\Sigma 1-2} = -\frac{q_1}{\epsilon_0 S} = +\frac{\epsilon_0 S}{d \cdot \epsilon_0 S} \cdot U_1 = +\frac{U_1}{d} = \frac{U_1}{d} > 0$$

$$E_{\Sigma 2-3} = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0 S} = -\frac{q_3}{\epsilon_0 S} = \frac{\epsilon_0 S (U_1 + U_2)}{2d \cdot \epsilon_0 S} = \frac{U_1 + U_2}{2d} > 0$$

направлением регулирующего поля мы направили
верно.

\Rightarrow 1) ускорение в области 1-2: $F_{\text{эн}, 1-2} = ma$ - но

$$\text{II 3-му Ньютона} \Rightarrow E_{\Sigma 1-2} \cdot q = ma \Rightarrow a = \frac{E_{\Sigma 1-2} \cdot q}{m}$$

$$\Rightarrow a = \frac{U_1 \cdot q}{d \cdot m} = \underbrace{\frac{U_1 q}{md}}$$

2) закон изменения мех. эн-ии: $A_{\text{эн}} = k_2 - k_1$
для участка 1-2

$$\text{P.K. } F_{\text{эн}, 1-2} = \text{const} \text{ и } \vec{F}_{\text{эн}} \uparrow \downarrow \vec{v}, \text{ то } -\underbrace{E_{\Sigma 1-2} \cdot q \cdot d}_{F_{\text{эн}, 1-2}} = k_2 - k_1,$$

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 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!

$$-\frac{U_1}{d} \cdot q \cdot d = k_2 - k_1 \Rightarrow (k_1 - k_2 = \frac{U_1 q \cdot d}{d} = U_1 q)$$

3) закон изменения мех. энергии: $A_{F_{3n}} = k_{\text{кон}} - k_{\text{ нач}}$
две участка 1-А

т.к. $F_{3n} = \text{const}$ и $\vec{F}_{3n} \uparrow \downarrow \vec{v}$, то $-F_{3n} \cdot \frac{d}{4} = k_{\text{ нач}} - k_{\text{ кон}}$

(работу F_{3n} делаю от сечки 1 не совершаем,

т.к. там нет v_0) $\Rightarrow k_{\text{ нач}} = \frac{m v_0^2}{2}$

$$\Rightarrow -E_{\Sigma 1-2} \cdot \frac{d \cdot q}{4} \leq \frac{m v_0^2}{2} - k_{\text{ кон}} \Rightarrow k_{\text{ кон}} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{U_1 \cdot d \cdot q}{4}$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{U_1 q}{4} \Rightarrow v^2 = v_0^2 + \frac{2 U_1 q}{4 m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v^2 = v_0^2 + \frac{U_1 q}{2 m} = v_0^2 + \frac{U_1 q}{2 m}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{U_1 q}{2 m}}$$

Ответ: 1) $a = \frac{U_1 q}{md}$; 2) $k_1 - k_2 = U_1 q$; 3)

$$3) v = \sqrt{v_0^2 + \frac{U_1 q}{2 m}}$$



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

МФТИ

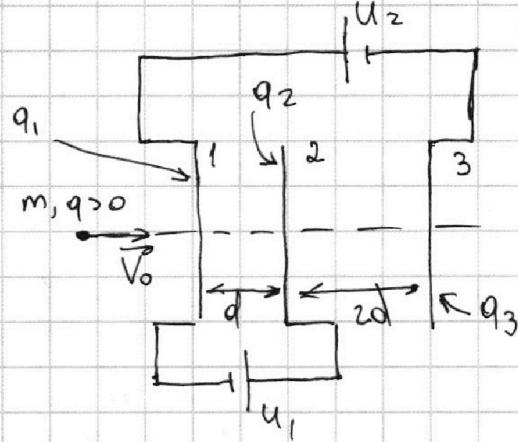
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача №3) Рассмотрим устарев. резистив.

$$U_1 = U$$

$$U_2 = 3U$$

(d) (q) (m)
 (V₀)



Пусть q_1 - заряд
на первой сетке,
 q_2 - заряд на 2,
 q_3 - заряд на 3

Пусть S -
площадь
плитки

Предположим, что $q_1 > 0, q_2 > 0, q_3 < 0$:

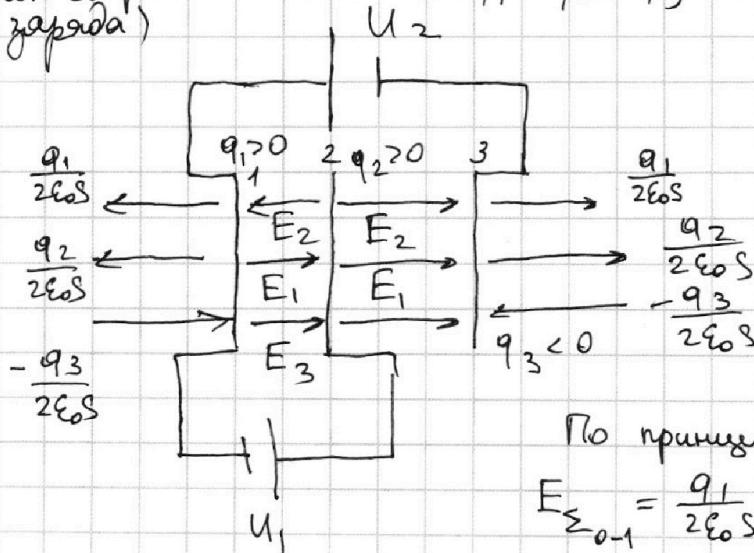
$$E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}; E_2 = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S}; E_3 = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{-q_3}{2\epsilon_0 S}$$

ЗСЗ:

(закон сохранения
заряда)

$$0 = q_1 + q_2 + q_3 \rightarrow$$

$$\boxed{q_1 + q_2 = -q_3}$$



По принципу суперпозиции:

$$\begin{aligned} E_{\Sigma_{0-1}} &= \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{(-q_3)}{2\epsilon_0 S} = \\ &= \frac{(q_1 + q_2) + q_3}{2\epsilon_0 S} = 0 - \text{none} \end{aligned}$$

шеба от сетки 1.

$$E_{\Sigma_{1-2}} = E_2 - (E_1 + E_3) = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{(-q_3)}{2\epsilon_0 S} = \frac{q_2 - q_1 + q_3}{2\epsilon_0 S}$$



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

$$E_{\Sigma 1-2} = \frac{q_2 - q_1 - q_1 - q_2}{2\varepsilon_0 S} = -\frac{q_1}{\varepsilon_0 S} \rightarrow \text{none в области } 1-2$$

$$E_{\Sigma 2-3} = E_1 + E_2 + E_3 = \frac{q_1}{2\varepsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\varepsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\varepsilon_0 S} = \frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\varepsilon_0 S}$$

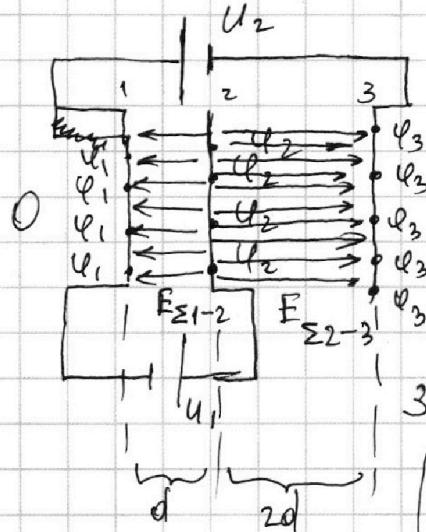
$$E_{\Sigma 2-3} = \frac{q_1 + q_2}{2\varepsilon_0 S} \rightarrow \text{none в области } 2-3.$$

$$E_{\Sigma 3-} = E_1 + E_2 - E_3 = \frac{q_1}{2\varepsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\varepsilon_0 S} - \frac{(-q_3)}{2\varepsilon_0 S} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{2\varepsilon_0 S} = 0$$

- none в области за 3-бет \rightarrow сетка справа

Расставим потенциалы и регулирующие none.

исходя из нашего
предположения



Пусть потенциал регулирующий
его none на пластине 3: φ_3
на сетке 2: φ_2
на сетке 1: φ_1

Заметим, что $\varphi_2 = U_1 + \varphi_1$

$$\varphi_1 = U_2 + \varphi_3 \Rightarrow \varphi_2 = U_1 + U_2 + \varphi_3$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \varphi_2 - \varphi_1 = E_{\Sigma 1-2} \cdot d \\ \varphi_2 - \varphi_3 = E_{\Sigma 2-3} \cdot d \end{cases} \rightarrow \begin{cases} U_1 + U_2 + \varphi_3 - U_2 - \varphi_3 = E_{\Sigma 1-2} \cdot d \\ U_1 + U_2 + \varphi_3 - \varphi_3 = E_{\Sigma 2-3} \cdot d \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_1 = E_{\Sigma 1-2} \cdot d \\ U_1 + U_2 = E_{\Sigma 2-3} \cdot d \end{cases} \rightarrow \begin{cases} U_1 = -\frac{q_1}{\varepsilon_0 S} \cdot d \\ U_1 + U_2 = \frac{q_1 + q_2}{\varepsilon_0 S} \cdot d \end{cases}$$

$$\Rightarrow U_1 + U_2 = \frac{q_1 + q_2}{\varepsilon_0 S} \cdot d$$

$$\Rightarrow q_1 = -\frac{\varepsilon_0 S}{d} \cdot U_1 < 0 \Rightarrow \text{наше предположение}$$

неверно, используя заряд $q_1 < 0$



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"/> |

МФТИ

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

Заметим, что когда резистор устаночится, то катушка L станет проводником $\Rightarrow I_1 = 0$, т.к. напряжение обнулится на ветке с $3R$ ($U_L = 0$), весь ток пойдёт только через катушку L и по 3-му Ома:

$$I_{\text{уср}} = \frac{E}{R}.$$

$$\Rightarrow \text{Продумываем (4)} : q_1 \cdot 3R + 3L(0 - I_{01}) =$$

$$= L \cdot (I_{\text{уср}} - 0) \Rightarrow q_1 \cdot 3R + 3L \cdot 0 - 3L \cdot \frac{4}{19} \frac{E}{R} =$$

$$= L \cdot \frac{E}{R} \Rightarrow \boxed{q_1 = L \cdot \frac{4}{19} \frac{E}{R^2} + L \cdot \frac{E}{3R^2} = \frac{31LE}{57R^2}}$$

$$\text{Ответ: 1)} I_{01} = \frac{4}{19} \frac{E}{R}; \quad 2) \frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19L};$$

$$3) q_1 = \frac{31LE}{57R^2}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

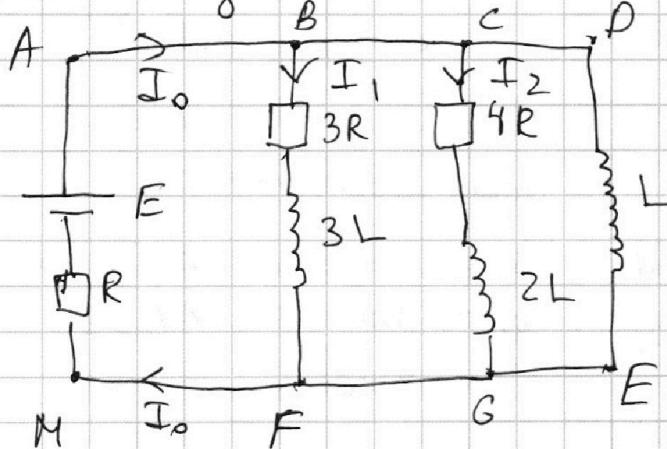


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ.

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

Сразу после замыкания ключа ток в ветвях
не изменяется, т.к. на катушках резко он не
может изменяться (ток через катушку DE равен 0)



Второе правило
кирхгофра для контура ADEM по часовой обход:

$$E = I_o \cdot R + U_L$$

$$U_L = E - I_o \cdot R = E - \frac{7ER}{19R}$$

$$= \frac{12}{19} E \Rightarrow L \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{12}{19} E \Rightarrow \boxed{\frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19L}}$$

Рассмотрим контур ABFM и ADEM

Это произвольного момента:

II правило кирхгофа обход по часовой:

$$I_1 \cdot 3R + 3L \cdot \frac{dI_1}{dt} + I_o \cdot R = E \quad (\text{ABFM})$$

$$I_o \cdot R + L \cdot \frac{dI}{dt} = E \quad (\text{ADEM})$$

$$\Rightarrow \begin{cases} dq_1 \cdot 3R + 3L \cdot dI_1 + dq_o \cdot R = E \cdot dt \\ dq_o \cdot R + L \cdot dI = E \cdot dt \end{cases}$$

$$\Rightarrow dq_1 \cdot 3R + 3L \cdot dI_1 - L \cdot dI = 0$$

$$\Rightarrow dq_1 \cdot 3R + 3L \cdot dI_1 = L \cdot dI \quad (4) \quad dI - \text{изменение тока на катушке } L$$

dq_1 - промежуточный заряд
через резистор $3R$

dI_1 - изменение
тока через резистор $3R$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



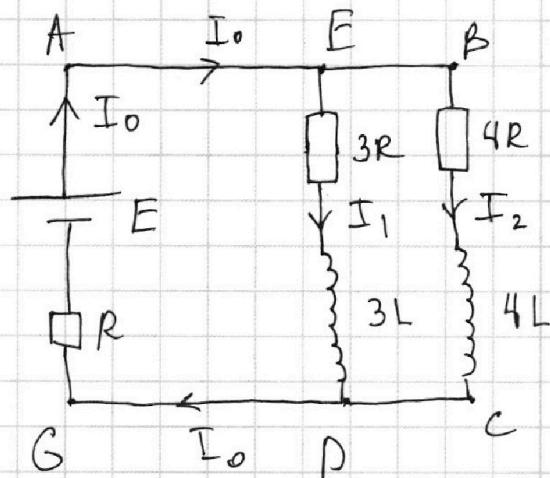
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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

Задача №4) Рассмотрим час. решение go замокание
кинема.

Пусть ток через источник и резистор R I_0 ,
ток через резистор $3R$ I_1 , ток через $4R$ I_2 .



Решение установившее,
токи постоянные.

Второе правило Кирхгофа
для контура ABCG
по часовой стрелке:

$$E = I_0 R + I_2 \cdot 4R$$

для контура AEDG
по часовой стрелке:

$$E = I_1 \cdot 3R + I_0 R$$

Первое правило Кирхгофа
для узла E:

$$I_0 = I_1 + I_2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} E = I_0 R + I_2 \cdot 4R \quad (1) \\ E = I_1 \cdot 3R + I_0 R \quad (2) \\ I_0 = I_1 + I_2 \quad (3) \end{cases} \Rightarrow 3I_1 - 4I_2 = 0$$

$$I_2 = \frac{3}{4} I_1$$

$$\Rightarrow I_0 = I_1 + I_2 = \frac{7}{4} I_1$$

$$\Rightarrow \frac{E}{R} = I_0 + 3I_1 = \frac{7}{4} I_1 + 3I_1 = \frac{19}{4} I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{4}{19} \frac{E}{R}$$

$$I_2 = \frac{3}{19} \frac{E}{R}; I_0 = \frac{7}{4} \cdot \frac{4}{19} \frac{E}{R} = \frac{7}{19} \frac{E}{R}$$

$$I_1 = I_{10} = \frac{4}{19} \frac{E}{R}$$

На одной странице можно оформлять ТОЛЬКО ОДИНУ задачу.

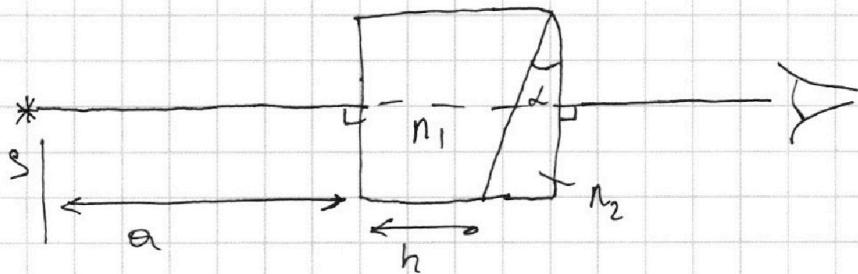
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

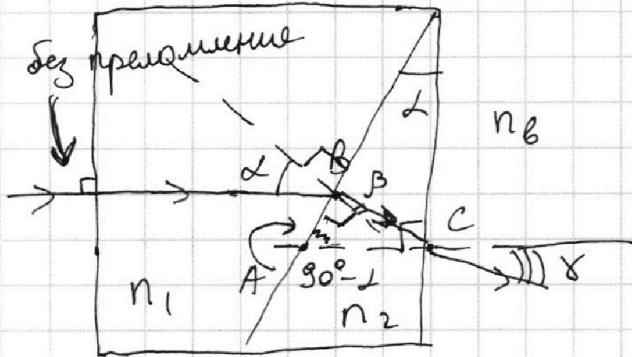
МФТИ

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

Задача №5)



Рассмотрим ход луча изнутри перпендикулярно
левой грани системы:



Рассмотрим $\triangle ABC$:

Сумма углов $= 180^\circ$

β - угол преломления
на границе $n_1 - n_2$

γ - угол преломления
на границе $n_2 - n_{\text{возд}}$

θ - угол падение на
границе $n_2 - n_{\text{возд}}$

$$(\beta + 90^\circ) + (90^\circ - \alpha) + \theta = 180^\circ$$

$$\boxed{\theta = \alpha - \beta}$$

Закон преломления на границе $n_1 - n_2$ и

$n_2 - n_{\text{возд}}$: $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$

$$n_2 \cdot \sin \theta = n_2 \cdot \sin \gamma$$

Т.к. углы малые, то $\sin x \approx x$: $n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \beta$

$$n_2 \cdot \theta = n_2 \cdot \gamma$$

$$n_2 (\alpha - \beta) = n_2 \gamma \Rightarrow n_2 \cdot \alpha - n_2 \beta = n_2 \cdot \gamma$$

$$n_2 \alpha - n_1 \alpha = n_2 \gamma$$



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!

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

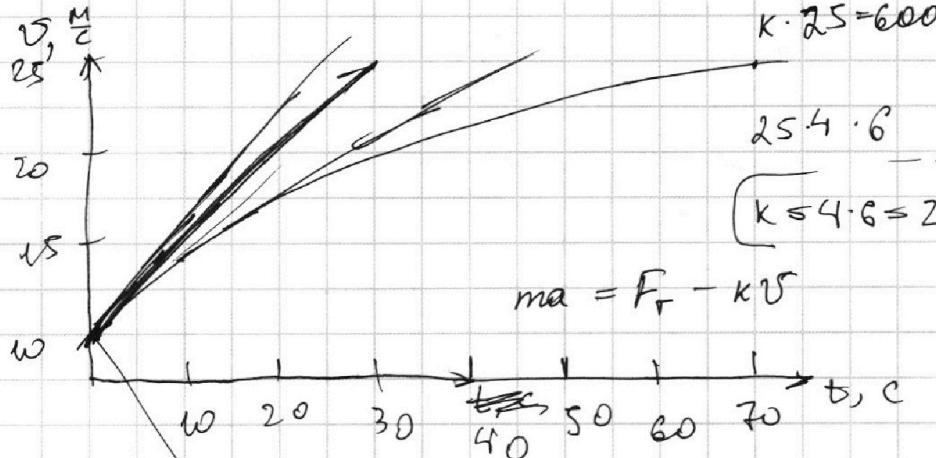


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

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

$$1) \text{ В конце пути } \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow a = 0 \Rightarrow kV = 600$$



$$k \cdot 25 = 600$$

$$25 \cdot 6$$

$$\boxed{k = 4 \cdot 6 = 24 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}}}$$

$$ma = F_r - kV$$

$$P_0 = F_0 \cdot V$$

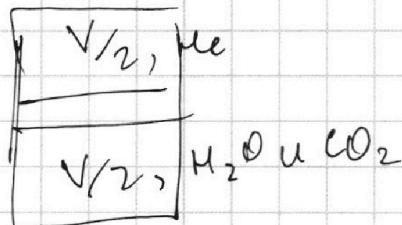
$$\boxed{a_0 = \frac{25 - 15}{30} = \frac{10}{30} = \frac{1}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}$$

$$F_0 = ma_0 + kV_0 =$$

$$= 1500 \cdot \frac{1}{2} + 24 \cdot 10 =$$

$$= 750 + 240 =$$

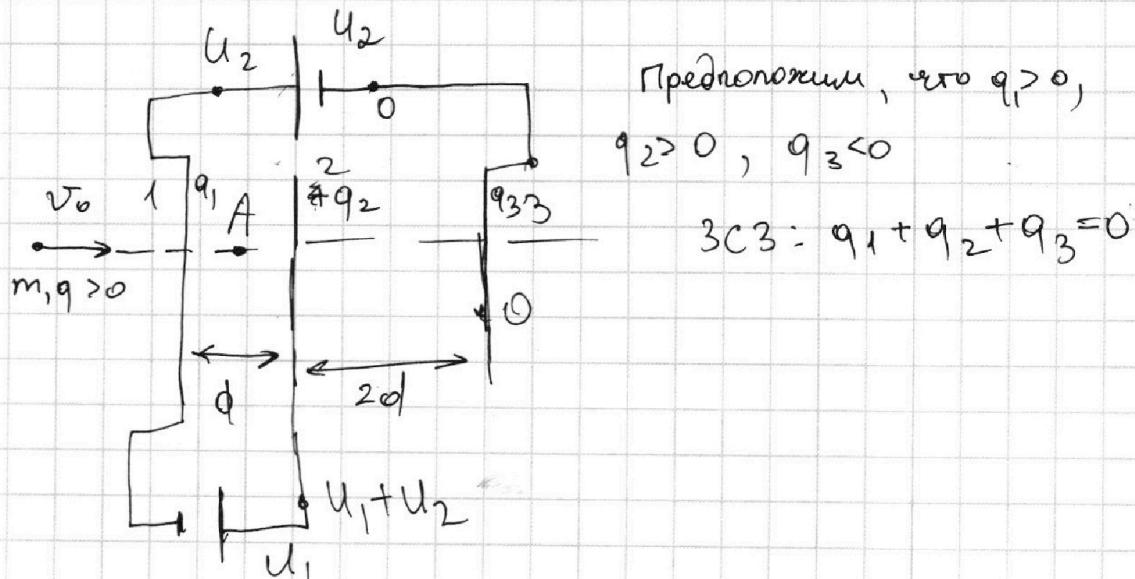
2)



~~$$= 980 \text{ Н}$$~~

$$3) P_0 = 980 \cdot 10 =$$

$$= 9800 \text{ бар.}$$



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

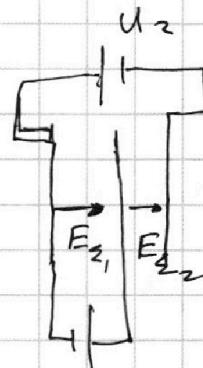
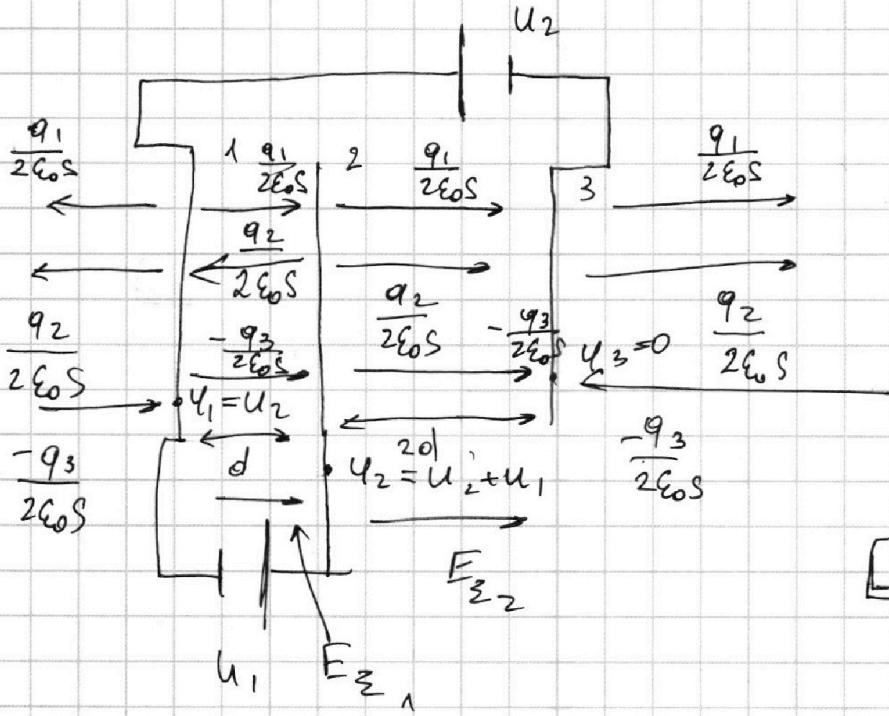
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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



$$\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{(-q_3)}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = E_{\Sigma 1}$$

$$\frac{q_1 + q_1 + q_2 - q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{q_1}{\epsilon_0 S} > 0 \quad \text{в сторону } \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_{\Sigma 2} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{2(q_1 + q_2)}{2\epsilon_0 S} \leq \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0 S} > 0$$

$$q_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot (-U_1) < 0$$

$$q_1 - q_2 = E_{\Sigma 1} \cdot d$$

$$U_2 - (U_2 + U_1) = \frac{q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d \Rightarrow -U_1 = \frac{q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d$$

$$q_2 - q_3 = E_{\Sigma 2} \cdot d \cdot 2 \Rightarrow U_2 + U_1 = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0 S} \cdot 2d$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

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

$$U_2 + U_1 = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0 S} \cdot 2d$$

$$-U_1 = -\frac{q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d$$

$$U_2 = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0 S} \cdot 2d + \frac{q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d$$

$$\frac{2q_1 + 2q_2 + q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d = U_2$$

$$3q_1 + 2q_2 = \frac{U_2 \cdot \epsilon_0 S}{d}$$

$$3 \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d} (-U_1) + 2q_2 = \frac{U_2 \cdot \epsilon_0 S}{d}$$

$$2q_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d} (U_2 + 3U_1)$$

$$q_2 = \frac{\epsilon_0 S}{2d} (U_2 + 3U_1) > 0 \quad \left. \begin{array}{l} q_3 = -(q_1 + q_2) \\ = -(-U_1 \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d} + \frac{\epsilon_0 S}{2d} (U_2 + 3U_1)) \end{array} \right\}$$

$$U_1 - U_3 = E_{\Sigma_1} d + E_{\Sigma_2} d \cdot 2$$

$$U_2 = \frac{q_1}{\epsilon_0 S} \cdot d + \frac{2(q_1 + q_2)}{\epsilon_0 S} \cdot d =$$

~~$q_1 + q_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d} (U_2 + 3U_1)$~~

U_0



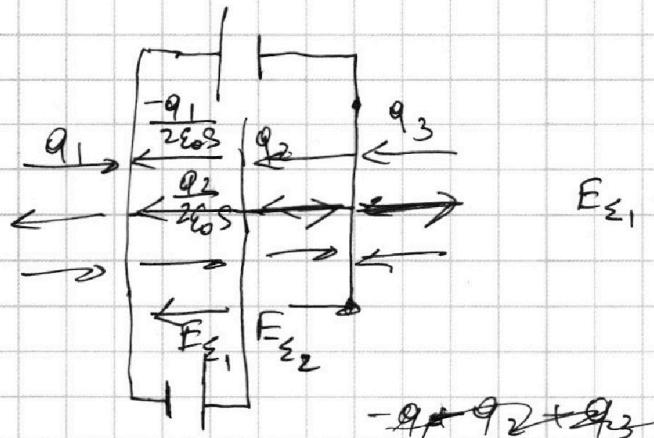
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\frac{-q_1 + q_2 + q_3}{2\varepsilon_0 S} = \frac{-q_1 + q_2 - q_1 - q_2}{2\varepsilon_0 S} = \frac{-q_1}{2\varepsilon_0 S} > 0$$

$$\frac{q_1}{2\varepsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\varepsilon_0 S} - \frac{(q_3)}{2\varepsilon_0 S} = \frac{+q_1 + q_2 + q_3}{2\varepsilon_0 S}$$

$$\frac{-q_1 - q_2 + q_1 - q_2}{2\varepsilon_0 S} < 0$$

$$F_{\Sigma_1} \cdot q = ma \rightarrow a = \frac{q}{m} \cdot F_{\Sigma_1}$$

$$-F_{\text{ext}} \cdot d = F_{\Sigma_2} \cdot k_2 - k_1$$

$$F_{\text{ext}} \cdot d = k_1 - k_2 \Rightarrow F_{\Sigma_1} \cdot q \cdot d =$$

$$U_1 q = k_1 - k_2$$

$$\frac{U_1 q}{k_1} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{U_1 q}{2m}}$$

$$v^2 = v_0^2 - \frac{2 U_1 q}{m}$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{U_1 q}{2m}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

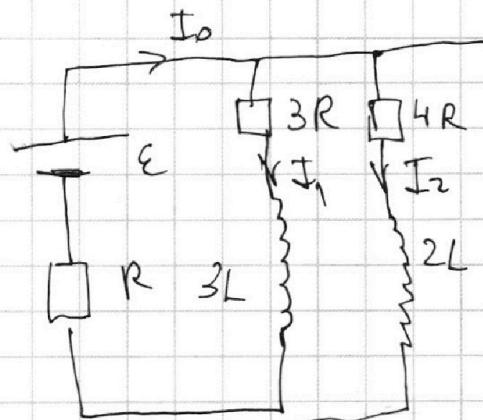
решение которой представлено на странице:



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



$$\left\{ \begin{array}{l} E = I_1 \cdot 3R + I_0 \cdot R \\ E = I_2 \cdot 4R + I_0 \cdot R \\ I_2 + I_1 = I_0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} 2 \\ 18 \\ 3 \\ 57 \end{array}$$

$$\frac{E}{R} = I_1 \cdot 3 + I_0 \cdot \frac{3}{57}$$

$$U_L = E - I_0 R =$$

$$\frac{E}{R} = I_2 \cdot 4 + I_0$$

$$= E - \frac{7}{18} \cdot \frac{E}{R} R =$$

$$3I_1 - 4I_2 = 0 \rightarrow 3I_2 = \frac{3}{4}I_1$$

$$= \frac{12}{18} E = L \cdot \dot{I} \Rightarrow \left(\frac{12}{18} \frac{E}{L} = \dot{I} \right) I_0 = \frac{3}{4} I_1 + I_1 = \frac{7}{4} I_1$$

$$I = \frac{E}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{E}{R} = 3I_1 + \frac{7}{4}I_1 = \frac{18}{4}I_1$$

$$! \quad I_1 = \frac{4}{18} \cdot \frac{E}{R}$$

$$I_2 = \frac{3}{18} \cdot \frac{E}{R}$$

$$I_0 = \frac{7}{18} \cdot \frac{E}{R}$$

$$3L \cdot \dot{I}_1 + I_1 \cdot 3R \neq I_0 \cdot R = E$$

$$Edt = 3LdI_1 + dq_1 \cdot 3R +$$

$$+ dq_0 \cdot R =$$

$$E = I_0 \cdot R + L \cdot \dot{I}$$

$$E \cdot dt = dq_0 \cdot R + L dI$$

$$dq_1 \cdot 3R = 3L I_1 + L \cdot \frac{E}{R}$$

$$dq_1 = \frac{L}{R} I_1 + L \cdot \frac{E}{3R}$$

$$3L dI_1 + dq_1 \cdot 3R = L dI$$

$$3L(0 - I_1) + dq_1 \cdot 3R = L \cdot \left(\frac{E}{R}\right)$$

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

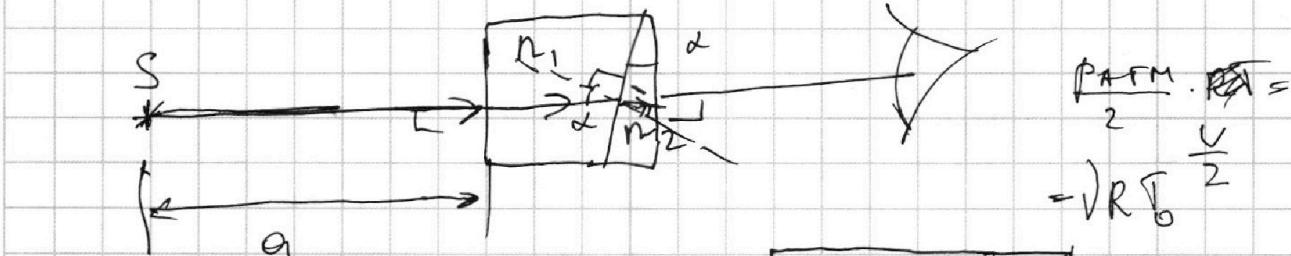
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



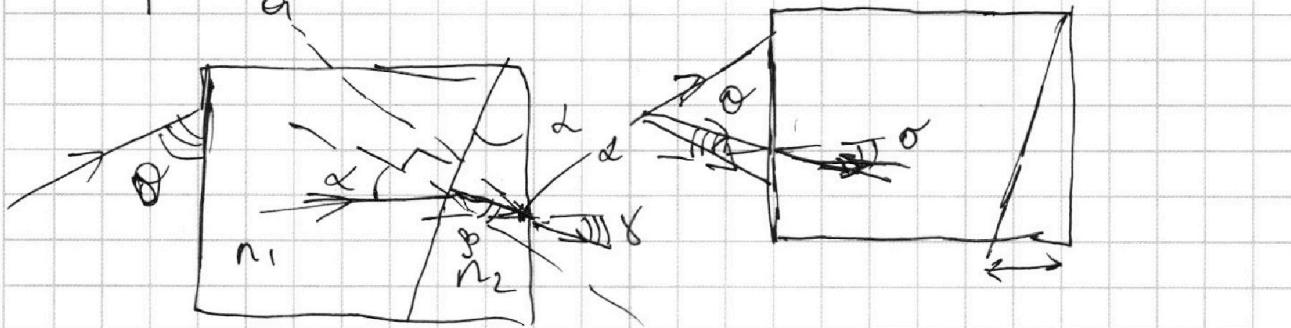
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/>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



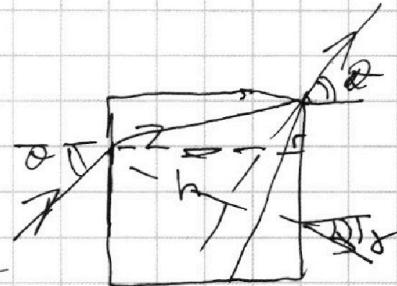
$$\frac{R \cdot f}{2} = \sqrt{R^2 + \frac{f^2}{4}}$$



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

$$n_2 \cdot \sin \alpha = 1 \cdot \sin \gamma$$

$$180^\circ - (\beta + 80^\circ + 80^\circ - \alpha) = \alpha - \beta$$



$$\frac{3V}{4} \frac{R \cdot f}{2} = R \cdot \frac{n_2 \cdot \sin(\alpha - \beta)}{\cos \gamma} = 1 \cdot \sin \gamma$$

$$V \cdot \frac{R \cdot f}{2} = R \cdot \frac{n_2 \cdot (\alpha - \beta)}{\cos \gamma} = \sin \gamma = \gamma$$

$$n_2 \alpha - n_2 \beta = \gamma$$

$$n_2 \alpha - n_1 \alpha = \gamma$$

$$\gamma = (n_2 - n_1) \cdot \alpha \quad \text{- ошибка на первом}$$