



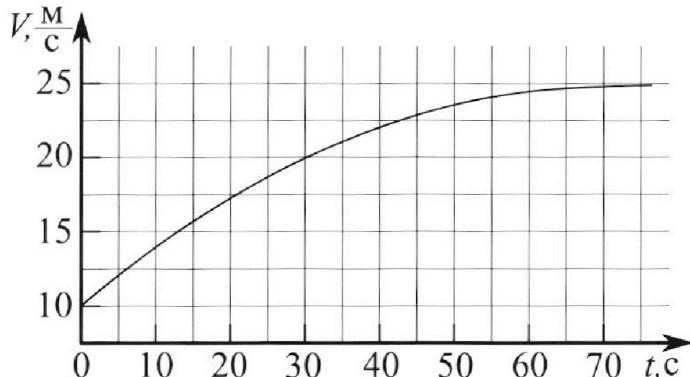
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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 ?

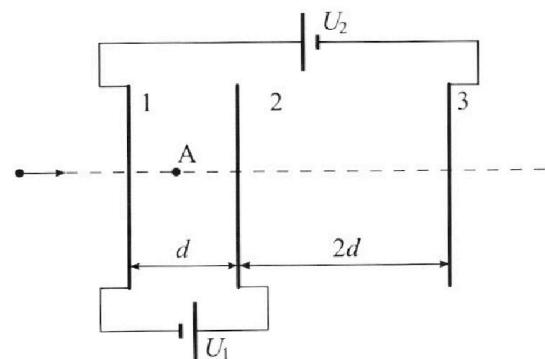
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p v$. 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 $R T \approx 3 \cdot 10^3$ 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 количества 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

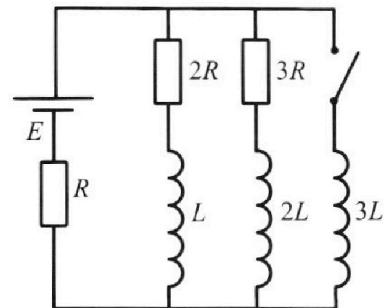
Вариант 11-01

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.

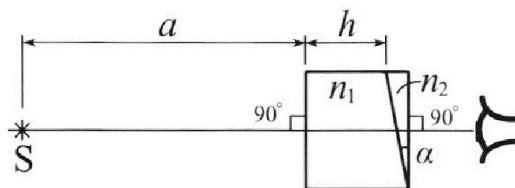
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с чи словыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

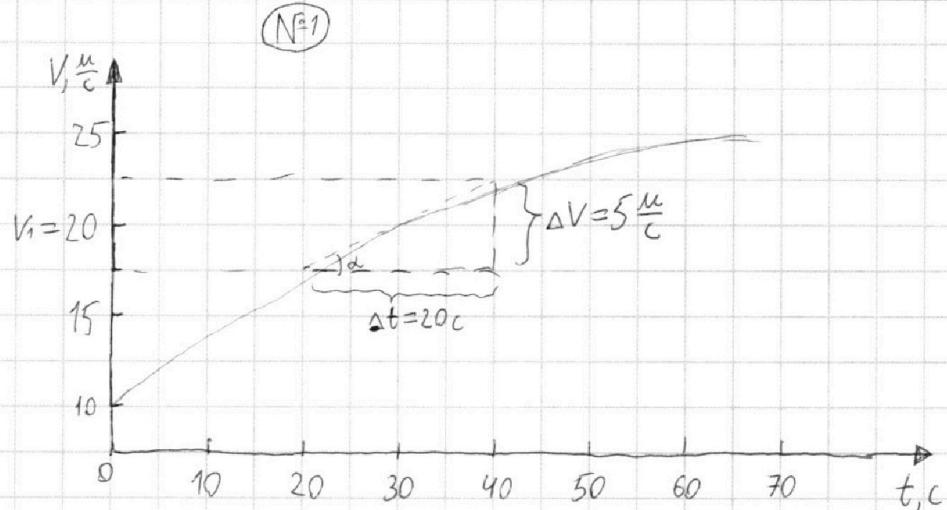
$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_k = 500 \text{ Н}$$

$$F_{\text{сопр}} \sim V$$

(сила сопротивления \sim скорости)

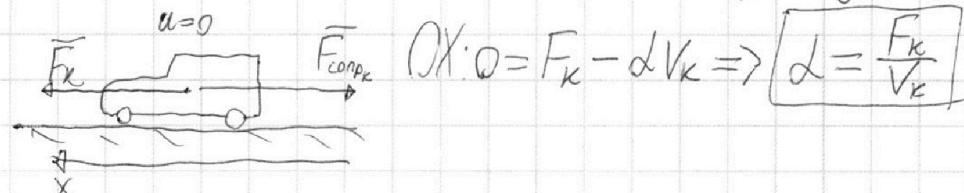
$$(\alpha \text{ при } V_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}) \alpha_1 = ?$$



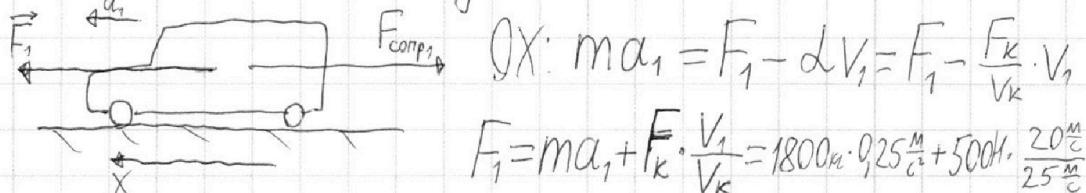
$F_1 = ?$ (при V_1) 1) Приводим касательную в токе, где $P_1 = ?$ (при V_1) $V_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Касательная лежит под углом α к оси t . Угловой коэффициент касательной, — это $\tan \alpha$. Производная касательной — это угловой коэффициент, т. е. $\tan \alpha$. Производная токи с V_1 — это производная касательной \Rightarrow $\Rightarrow \alpha_1 = \tan \alpha = \frac{\Delta V}{\Delta t} \approx \frac{5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \text{ с}} \approx 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) Пусть $V_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (конечная скорость автомобилей).

Пусть $F_{\text{сопр}} = dV$, где d — коэффициент пропорциональности между V и $F_{\text{сопр}}$. В начальной состоянии $\alpha_k = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.



В начальте, когда V_1 .



$$\text{OX: } ma_1 = F_1 - dV_1 = F_1 - \frac{F_k}{V_k} \cdot V_1$$

$$F_1 = ma_1 + F_k \cdot \frac{V_1}{V_k} = 1800 \text{ кг} \cdot 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 500 \text{ Н} \cdot \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$



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!

$$(F_1 = 450 \text{Н} + 400 \text{Н} = 950 \text{Н})$$

$$3) P_1 = F_1 \cdot V_1 = 950 \text{Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 19000 \text{ Вт} = 19 \text{ кВт}$$

Ответ: 1) $a_1 \approx 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$$2) F_1 = m a_1 + F_k \cdot \frac{V_1}{V_k} = 950 \text{Н}$$

$$3) P_1 = F_1 \cdot V_1 = 19000 \text{ Вт} = 19 \text{ кВт}$$



- 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!

нормаль невесомый,
непроницаемый,
сплошная среда V no-
мерами.

при. газ - верх

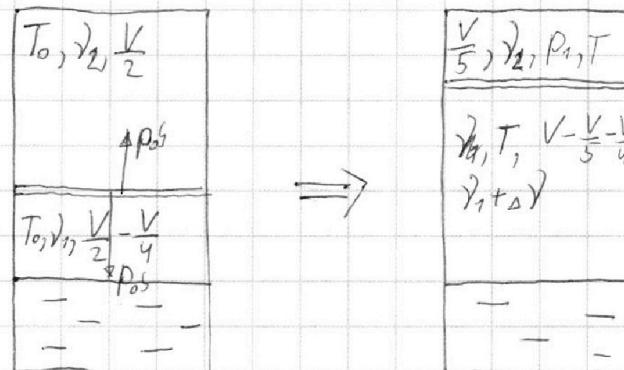
при. газ и вода - вниз

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

$$\text{напористость } V_* = \frac{V}{4}$$

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = ?$$

$$\rho_0 = ?$$



Пусть γ_1 - количество газа сверху в наклоне
 γ_2 - количество газа внизу в наклоне.

По закону Менделеева-Клайперона:

$$(1) \rho_0 \frac{V}{2} = \gamma_2 R T_0 \Rightarrow \frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{4}{2} = 2$$

$$(2) \rho_0 \frac{V}{4} = \gamma_1 R T_0$$

По закону Гекки, умножив газа расщеплено:

$\Delta\gamma = k \rho_0 \frac{V}{4}$. Да при достаточно T весь умноженный газ сидит в газообразном состоянии.

По закону Клайперона для верхней части:

$$\frac{\rho_0 \frac{V}{2}}{T_0} = \frac{\rho_1 \frac{V}{5}}{T} = \frac{\rho_1 \frac{V}{5} \cdot 4}{5T_0} = \frac{4\rho_1 V}{25T_0} \Rightarrow (\rho_1 = \frac{25}{8}\rho_0) - \text{коэффициент дав-}\text{ления } p_1 \text{ при } T.$$

Давление водяных паров при $T = P_{\text{атм}}$ \Rightarrow в коэффициенте давления умноженного газа в нижней части $\frac{25}{8}\rho_0 - P_{\text{атм}}$. По закону Менделеева-Клайпе-
рона для него:

$$(\frac{25}{8}\rho_0 - P_{\text{атм}})(V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}) = (\gamma_1 + \Delta\gamma)RT$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

$$V_2 \quad (2) \Rightarrow \dot{V}_1 = \frac{P_0 V}{4RT_0}$$

$$\left(\frac{25}{8} P_0 - P_{\text{ATM}}\right)\left(\frac{11}{20} V\right) = \left(\frac{P_0 V}{4RT_0} + k P_0 \frac{V}{4}\right) RT$$

$$\frac{25 \cdot 11}{20 \cdot 8} P_0 - \frac{11}{20} P_{\text{ATM}} = \frac{P_0 R \cdot \frac{5T_0}{4}}{4RT_0} + \frac{kRT}{4} P_0 = \frac{5}{16} P_0 + \frac{kRT}{4} P_0$$

$$\frac{55}{32} P_0 - \frac{5}{16} P_0 - \frac{kRT}{4} P_0 = \frac{11}{20} P_{\text{ATM}}$$

$$P_0 \left(\frac{45}{32} P_0 - \frac{kRT}{4} \right) = \frac{11}{20} P_{\text{ATM}} \Rightarrow \boxed{P_0 = \frac{11 P_{\text{ATM}}}{20 \left(\frac{45}{32} - \frac{kRT}{4} \right)}}$$

$$P_0 = \frac{11}{20 \left(\frac{45}{32} - \frac{\frac{1}{3} \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3}{4} \right)} = \frac{11 P_{\text{ATM}}}{20 \left(\frac{45}{32} - \frac{8}{32} \right)} = \frac{11 \cdot 32 P_{\text{ATM}}}{20 \cdot 37} = \frac{88}{185} P_{\text{ATM}}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{V_2}{V_1} = 2$$

$$2) P_0 = \frac{11 P_{\text{ATM}}}{20 \left(\frac{45}{32} - \frac{kRT}{4} \right)} = \frac{88}{185} P_{\text{ATM}}$$

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!

$$U = \frac{-q_2 d}{\epsilon_s} \Rightarrow q_2 = \frac{-U \epsilon_s S}{d}$$

$$\text{Участок 2-3: } U_2 + U_1 = 5U = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_s S} \cdot 2d = \frac{\frac{-U \epsilon_s S}{d} + q_1}{\epsilon_s S} \cdot 2d = -2U + \frac{q_1 \cdot 2d}{\epsilon_s S}$$

$$3U = \frac{2d \cdot q_1}{\epsilon_s S} \Rightarrow q_1 = \frac{3U \epsilon_s S}{2d} = \frac{3U}{2} \left| \begin{array}{l} q_1 \\ q_2 \end{array} \right|$$

Сократить V_0 у частицы только на бесконечном расстоянии, где $\varphi=0$, а также в т. Б, где $\varphi=0$ и $|\varphi_1 - \varphi_3| = 2 \frac{U_2}{2} = 2U$ и $|\varphi_3 - \varphi_3| = 2U$.

$$2U \Rightarrow \frac{V_0}{2} = U_1 + \frac{q_1 \epsilon_s S}{d} \quad \frac{U_2}{2} = U_2 + U_1 - \frac{(q_1 + q_2)}{\epsilon_s S} \cdot X$$

$$3U = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_s S} X = \frac{\frac{5}{2} \cdot U \epsilon_s S}{\epsilon_s S} X = \frac{5}{2} U \cdot \frac{X}{d} \Rightarrow X = \frac{6}{5} d$$

П. е., на расстоянии $X = \frac{6}{5} d$, скорость частицы V_0 .
Там находится точка Б.
Рассмотрим

$$3C3: \frac{m V_A^2}{2} - E_{12} \cdot q \cdot \frac{2d}{3} + E_{23} \cdot q \cdot \frac{6}{5} d = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$E_{12} \cdot d = U \Rightarrow E_{12} = \frac{U}{d} \quad \left. \begin{aligned} E_{12} \cdot d = U \Rightarrow E_{12} = \frac{U}{d} \\ E_{23} \cdot 2d = 5U \Rightarrow E_{23} = \frac{5U}{2d} \end{aligned} \right) \Rightarrow \frac{m V_A^2}{2} - \frac{2}{3} U q + 3U q = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$\frac{m V_A^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} - \frac{7}{2} U q$$

$$V_A^2 = V_0^2 - \frac{7qU}{m} \Rightarrow V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{7qU}{m}}$$

$$\text{Ответ: 1) } a = \frac{qU}{md}$$

$$2) K_1 - K_2 = -qU$$

$$3) V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{7qU}{m}}$$

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

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

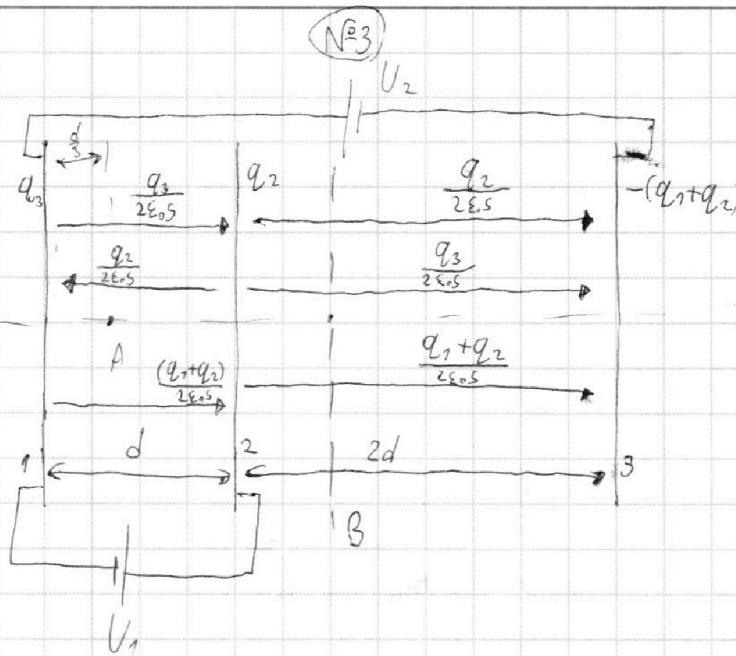
$$\begin{aligned} d, 2d, \\ U_1 = U, \\ U_2 = 4U, \\ m, q > 0, \\ V_0 \end{aligned}$$

$$K_{12} = ?$$

$$2) K_1 - K_2 = ?$$

$$3) V_A = ?$$

$$\left(A \text{ на } \frac{d}{3} \text{ от } V_0 \right)$$



Пусть напряжение на сепке 3 $\varphi_3 = 0$. Тогда $\varphi_1 = \varphi_3 + U_2 = 4U$. $\varphi_2 = \varphi_1 + U_1 = 5U$

$$1) \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)}{d} = U = E_n \cdot d = \frac{F}{q} \cdot d = \frac{ma}{q} \cdot d \Rightarrow a = \frac{qU}{md}$$

$$2) \text{По ЗСЗ: } K_1 - K_2 = A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -qU \\ \Rightarrow K_1 - K_2 = -qU$$

3) Пусть q_1, q_2, q_3 — заряды сепок 1, 2, 3 соответственно.

$$\text{ЗСЗ: } q_1 + q_2 + q_3 = 0. \text{ Пусть } q_3 < 0 \Rightarrow q_3 = -(q_1 + q_2)$$

Напряженность на пластинках и сепках находится по формуле $E = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$, согласно теореме Гаусса.
Распределение изображено на картинке.

$$\text{Рассмотрим участок 1-2: } \Delta U_1 = U = \left(\frac{q_3}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{(q_1 + q_2)}{2\epsilon_0 S} \right) d$$



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

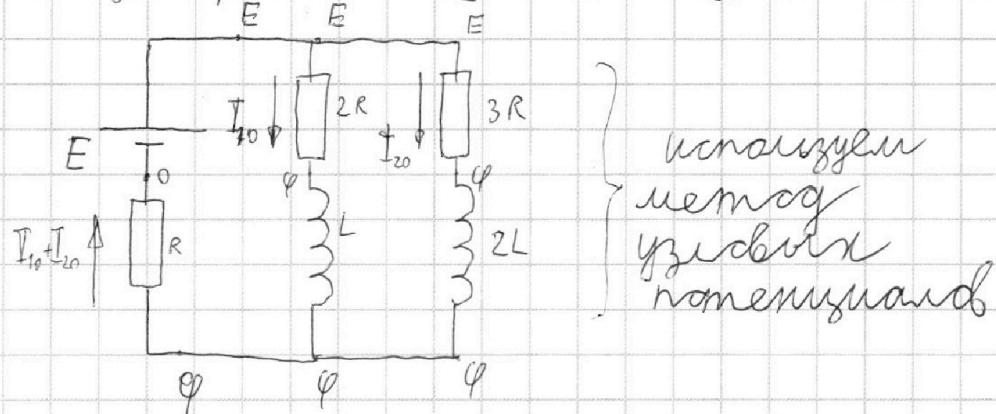
(№4)

$$1) I_{10} = ?$$

В усм. режиме $V_L \neq 0$ и $V_{zL} = 0$.

$$2) \dot{I} = ?$$

$$3) q_1 = ?$$



используем
метод
узловых
напряжений

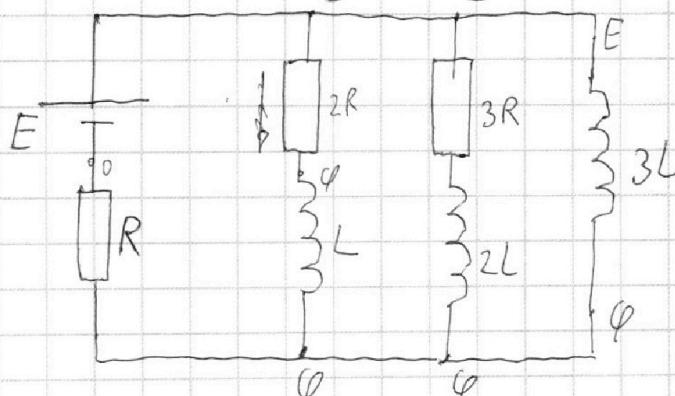
$$1) E - \varphi = I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R \Rightarrow I_{20} = \frac{2}{3} I_{10}$$

$$E = I_{10} \cdot 2R + (I_{10} + I_{20})R = 2I_{10}R + \frac{5}{3}I_{10}R = \frac{11}{3}I_{10}R$$

$$\boxed{I_{10} = \frac{3E}{11R}}$$

2) \dot{q} (также) Поток в катушке скажем не меняется. $\Rightarrow I_{\text{общ}} = I_{10} + I_{20}$

метод узловых
напряжений



$$U_{3L} = E - \varphi = I_{10} \cdot 2R = \frac{6E}{11R} \cdot 2R = \frac{12E}{11} = 3L \cdot \dot{I}$$

$$\boxed{\dot{I} = \frac{2E}{11L}}$$

3) Рассмотрим участок цепи в промежуточный момент времени:

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

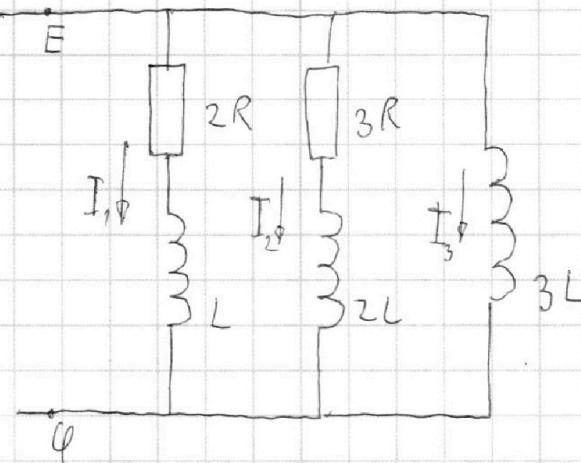
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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



$$E - q = 2I_1 R + L \frac{dI_1}{dt},$$

$$E - q = 3L \cdot \dot{I}_3$$

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

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

$$2R \cdot dq_1 + L \cdot dI_1 = 3L \cdot dI_3, (*)$$

Просуммируем (*) от начального замкнутого состояния до установившегося:

$$2R \cdot q_1 + L(0 - I_{10}) = 3L(I_k - 0)$$

$$I_k = \frac{E}{R}, \text{ где } I_k - \text{ток в установившемся состоянии.}$$

$$2Rq_1 + L \cdot \frac{3E}{11R} = 3L \cdot \frac{E}{R} \Rightarrow 2Rq_1 = \frac{3EL}{11R} + \frac{33EL}{11R} = \frac{36EL}{11R}$$

$$\boxed{q_1 = \frac{18EL}{11R^2}}$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{3E}{11R}$

2) $\dot{I} = \frac{2E}{11L}$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



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

$$\lambda = 0,1 \text{ РАД}$$

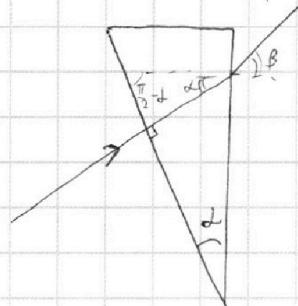
$$a = 194 \text{ см}$$

$$h = 9 \text{ см}$$

$$1) \beta = ?$$

$$2) L = ?$$

$$1) n_1 = n_3 = 1; n_2 = 1,7$$



$$n_2 d = n_3 \beta \Rightarrow \left(\beta = d \frac{n_2}{n_3} \right)$$

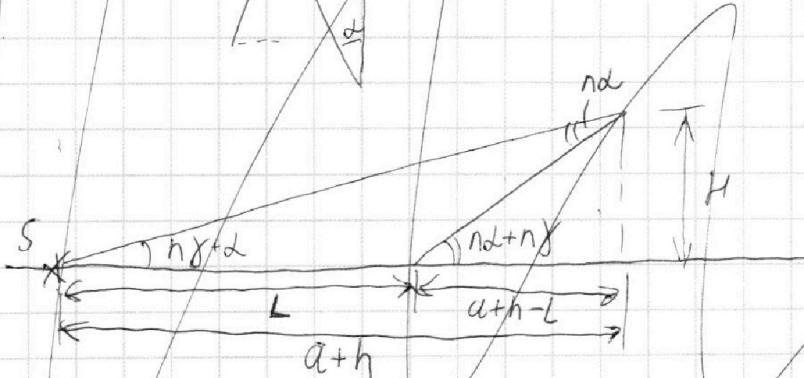
$$\beta = 1,7 \text{ РАД} \quad (\beta = 0,17 \text{ РАД})$$

$$2) n_1 = n_3 = 1; n_2 = 1,7$$

Пусть на призму падает луч под углом γ .
Тогда призма преобразует
его под углом β .
Из рисунка видно:

$$n_2(\gamma + \lambda) = \beta \Rightarrow (\beta = n_2\gamma + n_2\lambda)$$

Задача решена



Поск. угла между (параллельны), то $\tan \gamma \approx n_2 \lambda + \lambda$
и $\tan(n_2 \beta + \beta) \approx n_2 \lambda + \lambda$

$$n_2 \lambda + \lambda = \frac{H}{a+h};$$

$$n_2 \lambda + \lambda = \frac{H}{a+h - L}$$

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!

$$\frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{1}{a+h} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$2) n_1 = n_3 = n, n_2 = 7, F.$$

2-я задача упр.

$$\frac{1}{a+h} + \frac{1}{b} = 1$$

$$n_2 \gamma + \alpha = \frac{H}{a+h} \Rightarrow H = n_2 a \gamma + h n_2 \gamma + \alpha a + \alpha h \quad (1)$$

$$(1) = (2) \quad n_2 \alpha + n_2 \gamma = \frac{H}{a+h - L} \Rightarrow H = n_2 \alpha L + n_2 h L - n_2 L \alpha + n_2 a \gamma + n_2 h \gamma - n_2 \alpha \gamma \quad (2)$$

$$n_2 a \gamma + h n_2 \gamma + \alpha L + \alpha h = n_2 \alpha L + n_2 h L - n_2 L \alpha + n_2 a \gamma + n_2 h \gamma - n_2 \alpha \gamma$$

$$\alpha L \left(\frac{1-n_2}{n_2} \right) + \alpha h \left(\frac{1-n_2}{n_2} \right) = A_2 L \alpha - n_2 h \gamma$$

$$L n_2 L \alpha = \alpha \left(\frac{n_2-1}{n_2} \right) (a+h) \Rightarrow L = \underbrace{(a+h) \left(\frac{\frac{n_2-1}{n_2}}{\frac{n_2-1}{n_2}} \right)}_{= 11} F = 203 \cdot \frac{0,7}{1,7} =$$

$$\text{Ответ: } 1) \beta = \alpha \frac{n_2}{n_3} = 0,17 \text{ Па}$$

$$2) L = (a+h) \cdot \frac{n_2-1}{n_2} = \frac{7}{17} \cdot 203$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

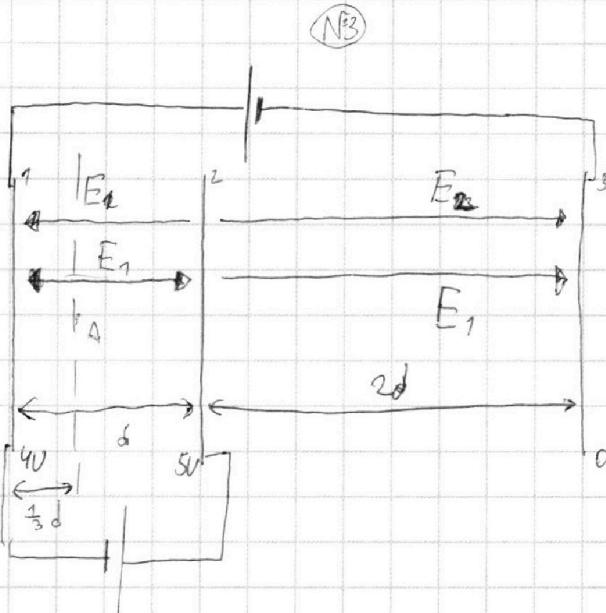


- | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/>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

$$\begin{aligned} & d, 2d, \\ & U_1 = U \\ & U_2 = 4U \\ & m, q > 0, \\ & V_0 \\ & 1) a_{1-2} = ? \\ & 2) K_1 - K_2 = ? \\ & 3) V_A = ? \\ & (\text{A на } \frac{d}{3} \text{ от } m) \\ & (\text{семки 1}) \end{aligned}$$



Пусть потенциал на семке 3 $\varphi_3 = 0$.

Тогда $\varphi_1 = \varphi_3 + U_2 = 4U$. $\varphi_2 = \varphi_1 + U_1 = 5U$

$$1) \varphi_2 - \varphi_1 = -E_{12}d \Rightarrow U = \frac{ma}{q}d$$
$$E_{12} = \frac{F_{12}}{q} = \frac{ma}{q}$$

$$\boxed{a = \frac{qU}{md}}$$

(направлено в сторону семки 1),

$$2) \text{По ЗСЭ: } K_1 - K_2 = A_{12} = -F_{12}q\varphi_2 - F_{12}d =$$
$$= -qE_{12}d = -q(\varphi_2 - \varphi_1) = -qU$$
$$\Rightarrow \boxed{K_1 - K_2 = -qU}$$



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

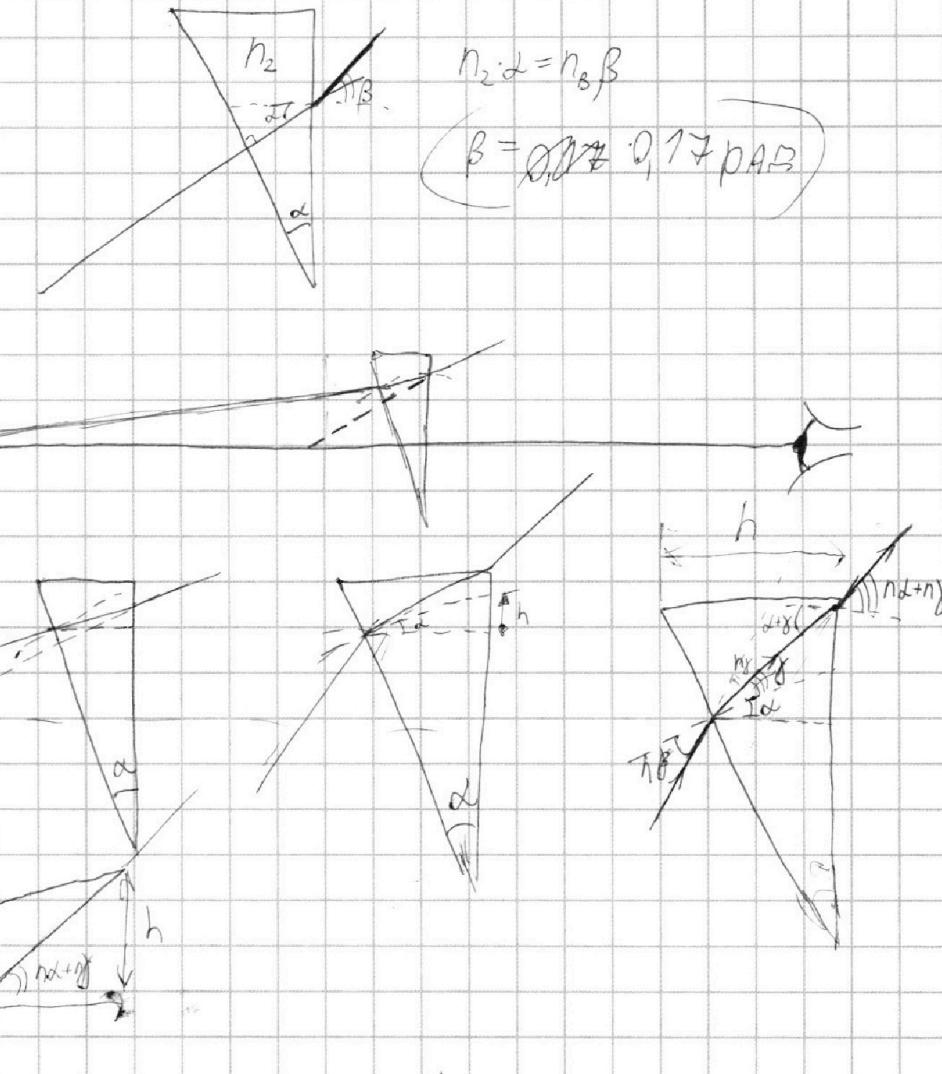
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

$$\begin{aligned} a &= 194 \text{ см} \\ \alpha &= 0,1 \text{ радиан} \\ h &= 9 \text{ см} \end{aligned}$$



$$\frac{1}{d} = \frac{1}{b} + \frac{1}{F}$$

$$F = \frac{n_2 - n_1}{n_2} = 0,7$$

$$\frac{1}{0,7} - \frac{1}{2,03}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

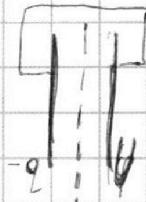
МФТИ

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

$$\frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} p_{\text{атм}} V = p_0 \frac{V}{4} \left(\frac{5}{4} + k \right) + k p_0 \frac{V}{4} RT$$

$$\frac{55}{32} p_0 - \frac{5}{16} p_0 - \frac{kRT}{4} p_0 = \frac{11}{20} p_{\text{атм}}$$

$$\begin{array}{r} 37 \\ \times 5 \\ \hline 185 \end{array}$$



$$p_0 \left(\frac{45}{32} - \frac{kRT}{4} \right) = \frac{11}{20} p_{\text{атм}} \Rightarrow p_0 = \frac{11 p_{\text{атм}}}{20 \left(\frac{45}{32} - \frac{kRT}{4} \right)} = \frac{11 p_{\text{атм}}}{20 \left(\frac{45}{32} - \frac{1}{4} \right)} = \frac{11 \cdot 32}{20 \cdot 37} p_{\text{атм}} = \frac{88}{185} p_{\text{атм}}$$

$$W = q\varphi$$

$$p_1 \cdot \frac{V}{2} = \gamma_1 RT_0$$

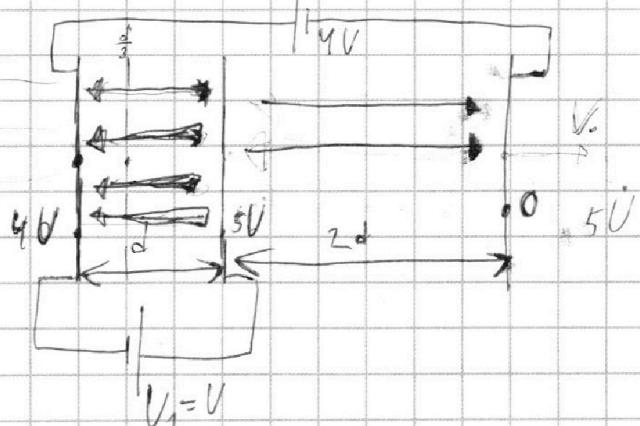
$$p_1 \cdot \frac{V}{4} = \gamma_2 RT_0 \Rightarrow \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{4}{2} = 2$$

$$W = \omega \cdot V$$

$$\omega = \frac{E_0 E^2}{2} \quad P = \frac{E_0 E^2}{2} \cdot \omega$$

$$\omega =$$

$$m, V_0$$



$$\Delta P = E \cdot l$$

$$\Delta P = \frac{E}{l} \cdot l$$

$$F = q E$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$1) \Delta \varphi = E \cdot l \Rightarrow V = \frac{F}{q} \cdot d \Rightarrow V = \frac{ma}{q} \cdot d \Rightarrow a = \frac{qV}{md}$$

$$2) A = F \cdot S = q \Delta \varphi = q \cdot l$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - q \cdot 5U \cdot q E \cdot 2d < q \cdot \varphi q \cdot 5U + q E \cdot \frac{2}{3} d =$$

$$E_i = \frac{U}{J} = \frac{mV_0^2}{2} - 5qU + \frac{2}{3}qU$$

$$\frac{mV_0^2}{2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

$$\frac{5}{20} = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{c}}$$

$$F_c = dV$$

$$F_c \sim V$$

$$F_k = d \cdot 25 \frac{\text{m}}{\text{c}} \Rightarrow d = \frac{500}{25}$$

$$1) d \approx m \left(a = \frac{5}{20} = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{c}^2} \right)$$

$$2) F_k = dV_k \Rightarrow d = \frac{F_k}{V_k} \quad (V_k = 25 \frac{\text{m}}{\text{c}^2})$$

$$ma_1 = F_k - dV_1 \Rightarrow F_k = ma_1 + dV_1 = ma_1 + \frac{F_k}{V_k} V_1 = k$$

$$500 \cdot 25 = 2500 \quad \frac{20}{5} - \frac{V_1}{4} = \frac{20-4-5}{20} - \frac{11}{20} = 1800 \cdot 0,25 + \frac{500}{25} \cdot 20 =$$

$$= 450 + 400 = 950 \text{ H}$$

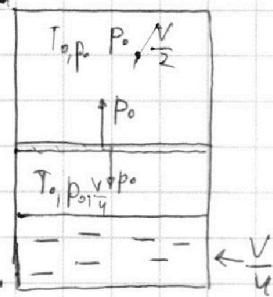
$$3) P_1 = F_1 \cdot V_1 = 950 \cdot 20 = 19000 \text{ BT} = 19 \text{ kBt}$$

ч.н. вак

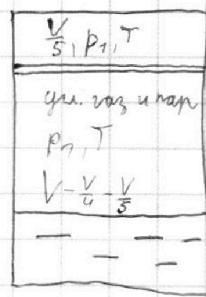
№2

$$VT_0 \\ T = \frac{5T_0}{4} = 373 \text{ K}$$

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



⇒



$$\frac{V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{V}{20} \\ = \frac{20V - 5V}{20} = \frac{15V}{20} = \frac{3V}{4} \\ = \frac{11}{20} V$$

$$\Delta V = kP_0 \frac{V}{4}$$

$$\frac{P_0 \frac{V}{2}}{T_0} = \frac{P_1 \frac{V}{5}}{T} = \frac{P_1 \frac{V}{5} \cdot 4}{5T_0} \Rightarrow \frac{P_0}{2} = \frac{4P_1}{25} \Rightarrow P_1 = \frac{25}{8} P_0$$

$$P_0 \frac{V}{4} = \gamma_0 R T_0 \Rightarrow \gamma_0 = \frac{P_0 V}{4 R T_0}$$

$$\left(\frac{25}{8} P_0 - P_{ATM} \right) \frac{11}{20} P_0 \cdot \frac{11}{20} V = \left(\frac{P_0 V}{4 R T_0} + k P_0 \frac{V}{4} \right) R \cdot \frac{5}{4} T_0$$

$$\frac{55}{32} P_0 V - \frac{11}{20} P_{ATM} V = \frac{P_0 V}{4} \cdot \frac{5}{4} + k P_0 \frac{V}{4} R T$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

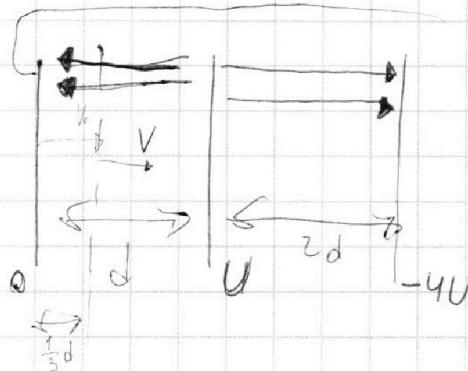
решение которой представлено на странице:



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

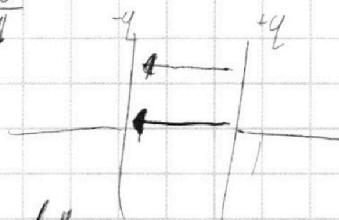
МФТИ

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



$$\frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - qE_1 \cdot \frac{1}{3}d$$

$$E_1 = \frac{U}{d}$$

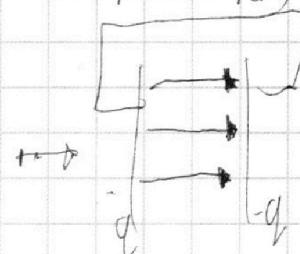
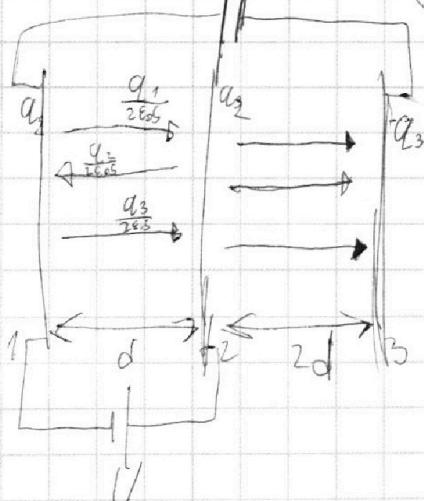


$$(E_2 - E_1)d = U \Rightarrow E_2 = \frac{U}{d} + E_1 \quad U =$$

$$(E_2 + E_1) \cdot 2d = 5U \Rightarrow (\frac{U}{d} + 2E_1) \cdot 2d = 5U$$

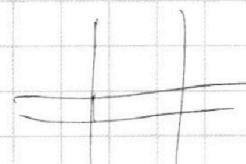
$$2U + 4E_1 d = 5U \Rightarrow E_1 = \frac{3U}{4d}$$

$$\text{At } E_2 = \frac{U}{d} + \frac{3}{4} \frac{U}{d} = \frac{7U}{4d}$$



$$\frac{qd}{2\epsilon_0 S} = E \cdot \frac{d}{2} \quad ES = \frac{q}{\epsilon}$$

$$\frac{2q}{\epsilon}$$



$$\Delta\phi = \left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_1+q_2}{2\epsilon_0 S} \right) \cdot \Delta l$$

$$K_1 - K_2 = A = q \cdot \Delta\phi$$

$$\frac{203}{7}$$

$$\frac{203}{77}$$

$$\frac{17}{x}$$

$$q - 2 > 1 \quad \frac{5U}{2\epsilon_0} \cdot q \cdot \frac{6}{5} \cancel{\epsilon}$$

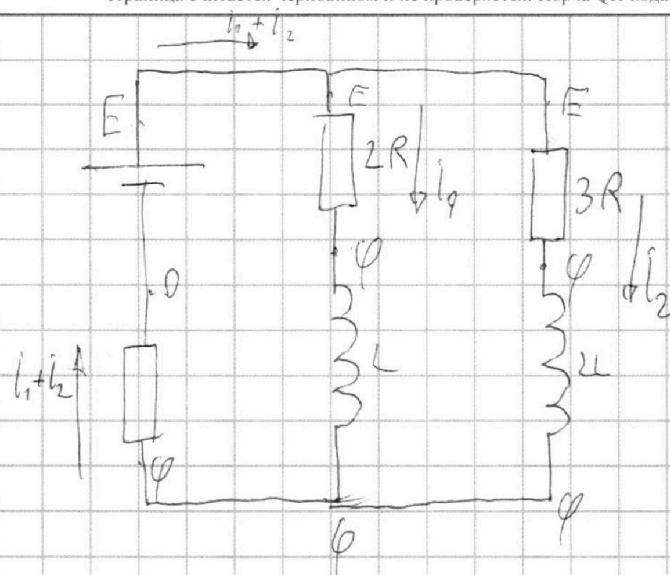
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

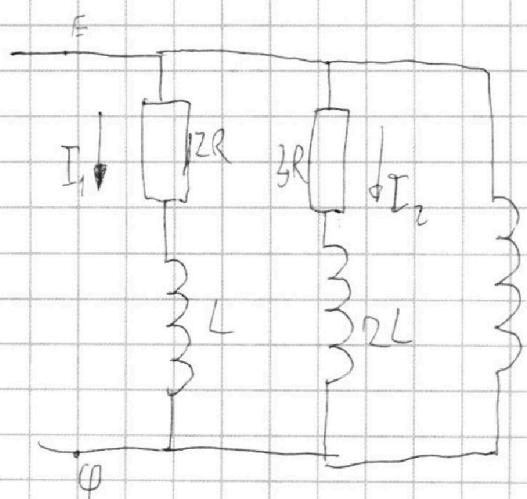
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$E = I_{10} \cdot 2R + I_{10} \cdot R + I_{20} \cdot R = I_{10} \cdot 3R + I_{20} \cdot R$$

$$E = I_{10} R + 4I_{20} R \Rightarrow \frac{E}{R} = I_{10} + 4I_{20} \Rightarrow I_{20} = \frac{\frac{E}{R} - I_{10}}{4}$$

$$E = I_{10} \cdot 3R + \frac{\frac{E}{R} - I_{10} R}{4} \Rightarrow \frac{3E}{4} = \frac{11}{4} I_{10} R \Rightarrow I_{10} = \frac{3E}{11R}$$



$$E - \varphi = 2I_1 R + L \dot{I}_1$$

$$E - \varphi = 3I_2 R + 2L \dot{I}_2$$

$$E - \varphi = 3L \dot{I}_3$$

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

$$2dq_1 R + L dI_1 = 3L dI_3 \quad (*)$$

$$2q_1 R + L(0 - \frac{3E}{11R}) = 3L \cdot \frac{E}{R}$$

$$2q_1 R = \frac{3EL}{R} + \frac{3EL}{11R} = \frac{36EL}{11R} \Rightarrow q_1 = \frac{18EL}{11R^2}$$