



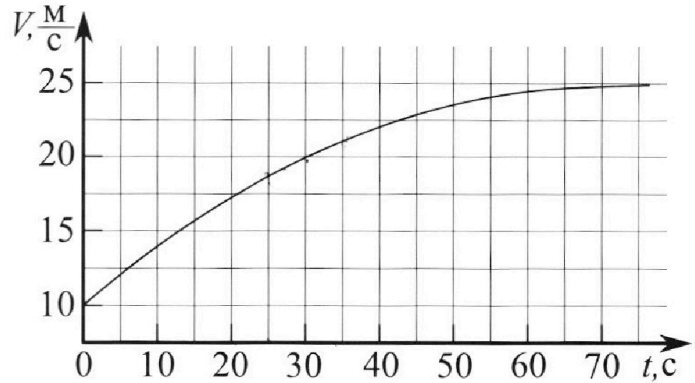
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $v_1 = 20$ м/с.
- Найти силу тяги F_1 при скорости v_1 .
- Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости v_1 ?

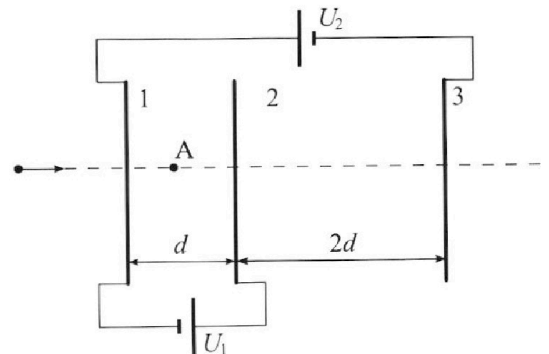
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kw$. 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.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-01

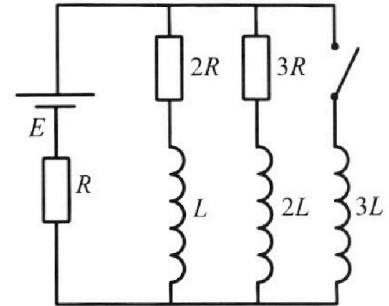
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

- 1) Найти ток I_0 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.

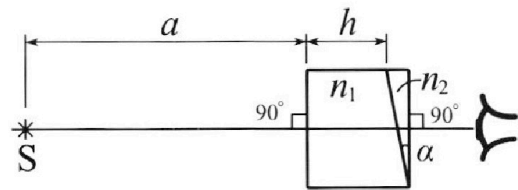


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

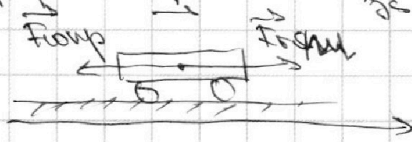
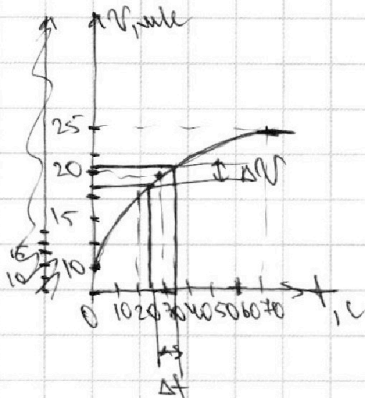
МФТИ

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



1

1) $a_{\text{max}} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$; из графика: $a_{\text{max}} = \frac{21,25 \text{ м/с} - 18,75 \text{ м/с}}{25 \text{ с} - 25 \text{ с}} = 0,25 \text{ м/с}^2$



Из закона: $F_{\text{ср}} \sim v$; $F_{\text{ср}} = k v$, где k - коэффициент трения.

II закон: $F_1 = m a$

на OX: $F_{\text{ср}} - k v = m a_{\text{max}} \quad (*)$

т.к. в конце пути ускорение равно нулю, $\frac{\Delta v_x}{\Delta t} \approx 0$, т.е. $a_{\text{кон}} = 0$. (из графика: $v_{\text{кон}} = 25 \text{ м/с}$)

(*) : $F_1 - k \cdot v_{\text{кон}} = 0$. $k = \frac{F_1}{v_{\text{кон}}} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

2) (*) : $F_1 - k v_1 = m a_{\text{max}}$; $F_1 = m a_{\text{max}} + k v_1$

$F_1 = 1800 \text{ м} \cdot 0,25 \text{ м/с}^2 + 20 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 20 \text{ м/с} = 850 \text{ Н}$

3) $P_1 = \frac{\Delta A_1}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0} = F_1 \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0} = F_1 v_1$

$P_1 = 850 \text{ Н} \cdot 20 \text{ м/с} = 17000 \text{ Вт} = 17 \text{ кВт}$

Ответ: 1) $a_{\text{max}} = 0,25 \text{ м/с}^2$

2) $F_1 = 850 \text{ Н}$

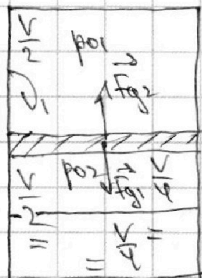
3) $P_1 = 17 \text{ кВт}$

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

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



2) 1) Система до начавания:



ΔV_1 - кол-во в-ва CO_2 в верхней части цилиндра.

ΔV_2 - кол-во CO_2 в цилиндрической части в нижней части

ΔV_3 - кол-во в-ва CO_2 в-ва.

Равновесие поршня: $F_{p1} = F_{p2}$

F_{p1} - сила, с к-ой сжатый CO_2 давит на поршень

F_{p2} - сила, с к-ой CO_2 сверху давит на поршень.

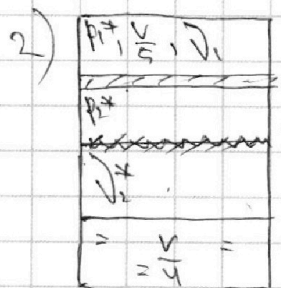
ΔS - площадь поршня: $p_{01} S = p_{02} S$ p_{01} и p_{02} - начальные давления газа.

$$p_{01} = p_{02} = p_0$$

Упр - Р Менделеева - крайняя: $p_0 \frac{V}{2} = \Delta V_1 k T_0$; $\Delta V_1 = \frac{p_0 V}{2 k T_0}$

$$\Rightarrow \Delta V_2 = \frac{\Delta V_1}{2} ; \frac{\Delta V_1}{\Delta V_2} = 2$$

$$p_0 \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \Delta V_2 k T_0$$



Аналогично п. 1): $p_1^* = p_2^* = p^*$
 $V_2^* \rightarrow$ объем нижней части цилиндра, к-ой не заняты газы.

$$V_2^* = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{11}{20} V$$

Система находится в равновесии \Rightarrow
 \Rightarrow водной пар насыщенным.

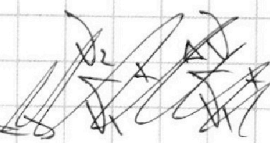
$p_{\text{н.п}} (100^\circ \text{C}) = p_{\text{атм}}$. ΔV_3 - кол-во в-ва водного пара

Упр - Р Менделеева - крайняя: $p_{\text{атм}} \cdot \frac{11}{20} V = \Delta V_3 k T \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta V_3 = \frac{11}{20} \frac{p_{\text{атм}} V}{k T}$$

$$p^* \cdot \frac{V}{5} = \Delta V_1 k \frac{5 T_0}{4} \quad (2)$$

$$p^* \cdot \frac{11}{20} V = (\Delta V_2 + \Delta V_3) k \frac{5 T_0}{4} \quad (3)$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$(2): p_0 \frac{V}{2} = \sqrt{kRT_0} ; (A): p \times \frac{V}{5} = \sqrt{kRT_0} \Rightarrow p = \frac{25}{8} p_0$$

$$(3): \frac{25}{8} p_0 \cdot \frac{11}{20} V = \left(\frac{1}{2} \nu_1 + \Delta \nu + \nu_3 \right) RT.$$

$$\frac{25}{8} p_0 \cdot \frac{11}{20} V \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0 V}{2kRT_0} + \frac{k p_0 V}{4} + \frac{11}{20} \frac{p_0 V}{RT} \right) RT.$$

$$\frac{55}{32} p_0 = \frac{5}{16} p_0 + \frac{kRT p_0}{4} + \frac{11 p_0 V}{20 RT}$$

$$p_0 \left(\frac{55}{32} - \frac{5}{16} - \frac{kRT}{4} \right) = \frac{11 p_0 V}{20} ; p_0 = \frac{11 p_0 V}{\left(\frac{45}{32} - \frac{kRT}{4} \right) \cdot 20}$$

$$p_0 = \frac{11 p_0 V}{\left(\frac{45}{32} - \frac{1 \cdot 10^{-5} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{м}^3} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{К}}{\text{моль}}}{4} \right) \cdot 20} = \frac{11 \cdot 92}{20 \cdot 87} p_0 V = \frac{88}{185} p_0 V.$$

Ответ: 1) $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$

2) $p_0 = \frac{88}{185} p_0 V.$

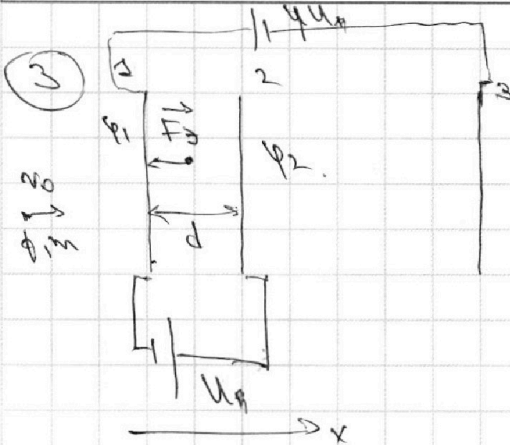
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



1) E_{12} - напряжённость поля между 1 и 2. сетками

$$E_{12} = U/d$$

$$U = E_{12} \cdot d; E_{12} = \frac{U}{d}$$

II З.Н.: $F_z = ma$ (II З.Н.)

$$F_z = ma; \text{ на } D_3: qE_{12} = ma$$

$$a_x = - \frac{qE_{12}}{m} = - \frac{qU}{md}$$

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

2) ЗСЭ: $k_1 + q\phi_1 = k_2 + q\phi_2$

$$k_1 - k_2 = q(\phi_2 - \phi_1) = qU$$

3) Закон сохранения энергии: $\Delta W = A_{\text{эп}} = A_{\text{мех}}$

~~$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$$~~

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = -qE_{12} \cdot \frac{d}{3}$$

$$A_{\text{мех}} = A_{\text{э}} = |F_z| \cdot \frac{d}{3} \cdot (-1)$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$$

ответ: 1) $a = \frac{qU}{md}$

2) $k_1 - k_2 = qU$

3) $v_1 = \sqrt{v_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

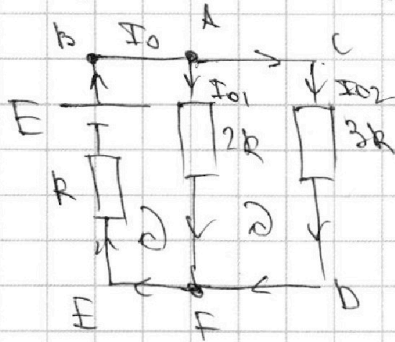
1 2 3 4 5 6 7



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



1) В установившемся режиме катушка не участвует в индуктивных \mathcal{E} - \mathcal{E} :



1 уравнение Кирхгофа: A: $I_{01} + I_{02} = I_0$

2 уравнение Кирхгофа:

~~$E = I_{01}R + I_{02}R$~~

BAFEb: $E = I_{01}2R + I_0R$

ACDFA: $3R \cdot I_{02} - 2R \cdot I_{01} = 0$

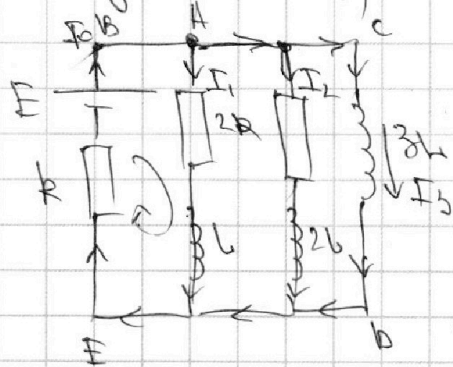
$$\begin{cases} I_0 = I_{01} + I_{02} \\ E = 2I_{01}R + I_0R \\ 3R I_{02} = 2R I_{01} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_0 = \frac{5}{3} I_{01} \\ E = 2I_{01}R + \frac{5}{3} I_{01}R \\ I_{02} = \frac{2}{3} I_{01} \end{cases} \Rightarrow \boxed{I_{01} = \frac{3}{11} \frac{E}{R}}$$

$$I_0 = \frac{5}{11} \frac{E}{R} \quad (\times \times)$$

2) Тот же ток катушки при замкнутых контактах индуктивно.

Тогда ток через L и $2L \Rightarrow$ через $2R$ и $3R$ (поэтому I_{01} и I_{02} индуктивно) через катушку L и $2L$ индуктивно, как и до замкнутия.)



тогда $I_2 = I_{02}$ (из п. 1))
 $I_1 = I_{01}$ (из п. 1))

~~$E = I_{01}R + I_{02}R$~~

1 уравнение Кирхгофа: A: $I_0 = I_1 + I_2 + I_3$

$0 = I_3$ до замкн. = I_3 сразу после замкн. (из п. 1))
 $I_0 = I_{01} + I_{02} = I_0$

2 уравнение Кирхгофа: bcDEF: $I_0R = E + \mathcal{E}_{si}$

$\mathcal{E}_{si} - \mathcal{E}$ самоиндукция в $3L$

$$\mathcal{E}_{si} = -3L \frac{dI_3}{dt} ; I_0R = E - 3L \frac{dI_3}{dt}$$

$$\frac{dI_3}{dt} = \frac{E - I_0R}{3L} = \frac{E - \frac{5}{11}E}{3L} = \frac{2}{11} \frac{E}{L}$$

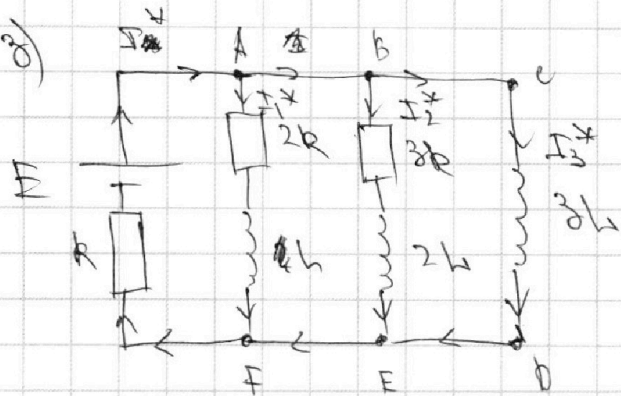
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



2 направления циркуляции:

$$\text{ABEFA: } I_2 \cdot 3R - I_1 \cdot 2R = \mathcal{E} \sin 2 - \mathcal{E} \sin 1$$

BCDEB:

$$-3R \cdot I_2 = -\mathcal{E} \sin 2 + \mathcal{E} \sin 3$$

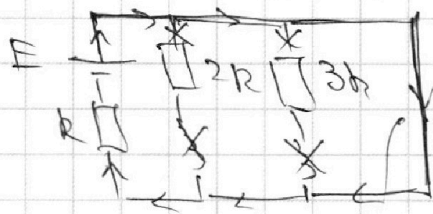
$$\mathcal{E} \sin 1 = -L \frac{dI_1}{dt}; \quad \mathcal{E} \sin 3 = -3L \frac{dI_3}{dt}$$

$$\left. \begin{aligned} I_2 \cdot 3R - I_1 \cdot 2R &= \mathcal{E} \sin 2 + L \frac{dI_1}{dt} \\ -3R I_2 &= -\mathcal{E} \sin 2 - 3L \frac{dI_3}{dt} \end{aligned} \right\} \cdot L \frac{dI_1}{dt} - 3L \frac{dI_3}{dt} = -I_1 \cdot 2R$$

$$\int_{I_{1\text{нач}}}^{I_{1\text{кон}}} L \cdot dI_1 - \int_{I_{3\text{нач}}}^{I_{3\text{кон}}} 3L \cdot dI_3 = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} I_1 \cdot dt \cdot 2R$$

$$L (I_{1\text{кон}} - I_{1\text{нач}}) - 3L (I_{3\text{кон}} - I_{3\text{нач}}) = -\Delta\varphi \cdot 2R$$

В узле F ток равен нулю, т.к. все замкнутые контуры.



3-й контур уже замкнутым узел:

$$I_{\text{кон}} = I_{\text{кон}} \cdot R$$

$$I_{\text{кон}} = \frac{E}{R}$$

(в узле F ток равен нулю, т.к. все замкнутые контуры)

$$I_{1\text{кон}} = 0 \quad I_{3\text{кон}} = I_{01} \text{ (из н.п.), т.к. ток по замкнутому контуру равен нулю (все замкнутые); аналогично } I_{3\text{нач}} = 0$$

$$L \left(0 - \frac{3E}{R} \right) - 3L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) = -\Delta\varphi \cdot 2R$$

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!

$$\Delta \varphi_1 = \frac{18}{11} \frac{EL}{R}$$

Ответ: 1) $I_{01} = \frac{3E}{R}$

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

$$3) \Delta \varphi_1 = \frac{18}{11} \frac{EL}{R}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

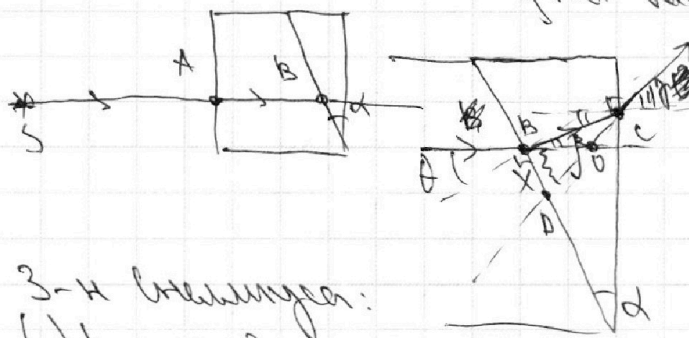
1 2 3 4 5 6 7



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



5) 1)



В (1) А уже не выполняется, т.к. угол падения 0° .

$x = ?$
 $\theta = \alpha$ (угол в принципе непрерывности пр. стороны см.)

3-й треугольник:

(1) B: $\sin \theta \cdot h_1 = \sin \phi \cdot h_2$; $\sin \phi = \frac{\sin \theta n_1}{n_2} = \frac{\sin \alpha}{n_2}$

α -малый угол: $\alpha \approx \sin \alpha$; $\beta \approx \sin \beta$

3-й треугольник:

(1) C: $n_2 \cdot \sin \beta = n_1 \cdot \sin \alpha$; $\sin \beta = \frac{n_1 \sin \alpha}{n_2} = n_1 \sin \alpha$

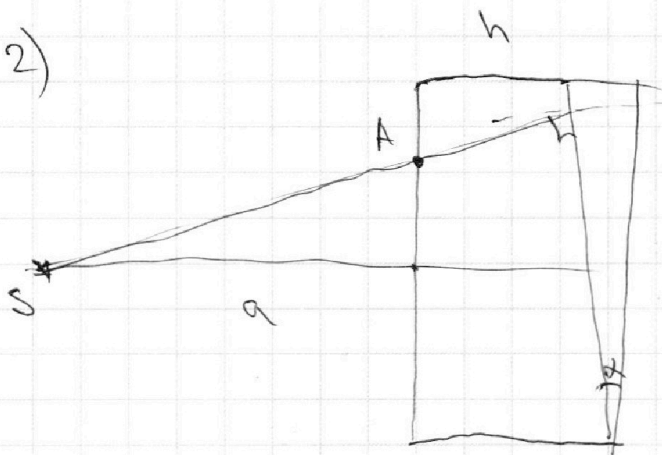
α, β -малые углы: $\alpha \approx \sin \alpha$; $\beta \approx \sin \beta$

$\angle BOB = x$ - внешний угол $\triangle BOB$: $x = \beta + \alpha$

$\widehat{BOB} = \beta - \alpha = \alpha - \beta$; $x_{\text{рад}} = \beta_{\text{рад}} + \alpha_{\text{рад}} - \alpha_{\text{рад}} = \beta_{\text{рад}}$

$x_{\text{рад}} = 0,1 \text{ рад}$

2)



т.к. $n_1 = n_2$ в (1) А уже не выполняется

Ответ: 1) $x_{\text{рад}} = 0,1 \text{ рад}$

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

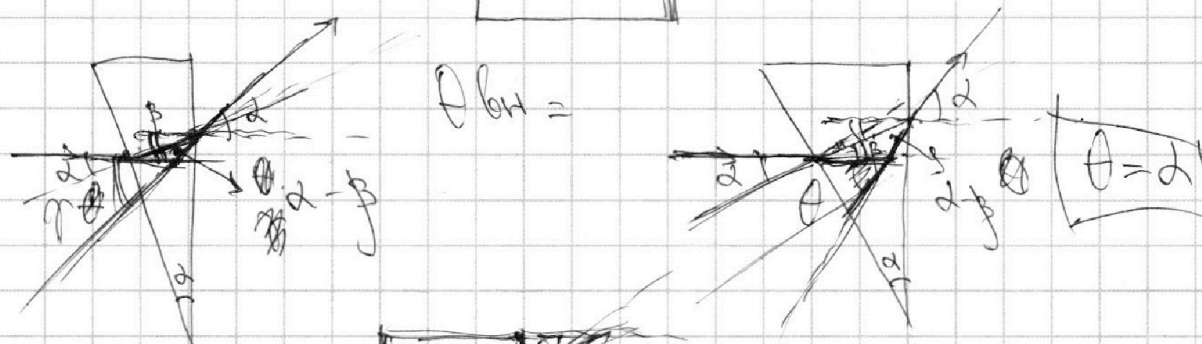
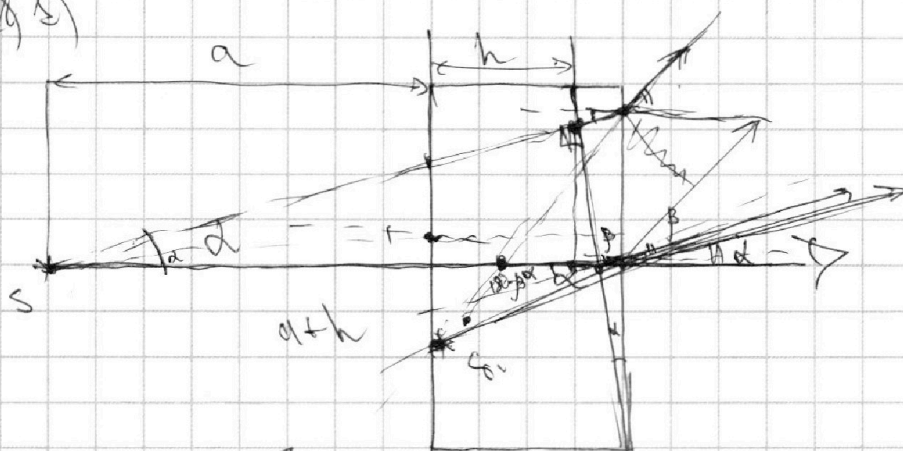
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

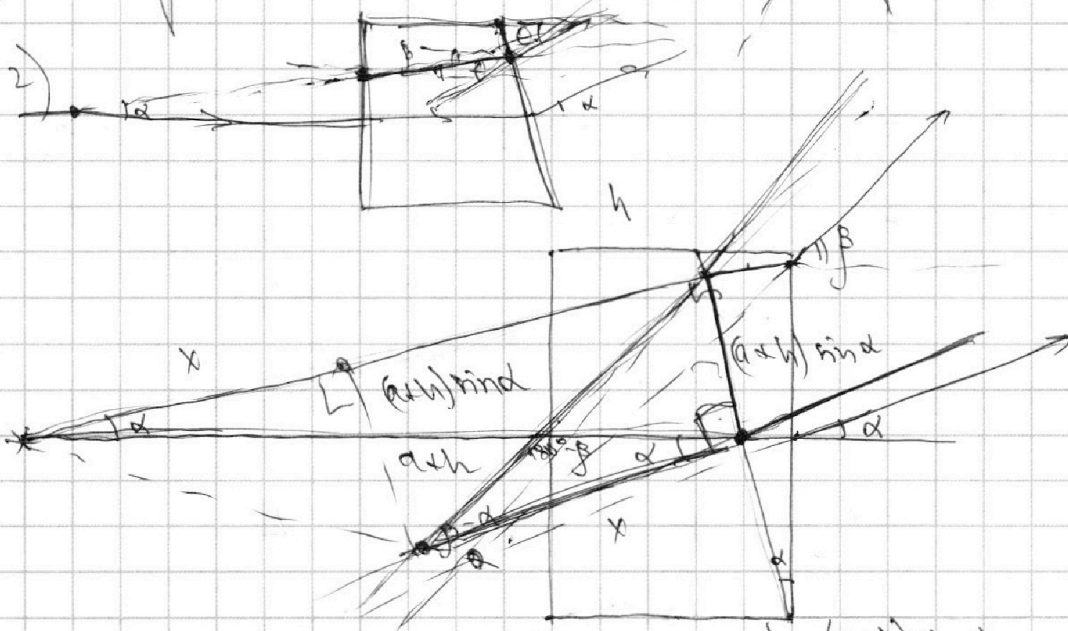
МФТИ

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

1) 1)



2)



$$x = \frac{(a+h)d}{\beta - \alpha}$$

$$\Delta r = \sqrt{x^2 + ((a+h)d)^2}$$

$$\text{или } \tan(\beta - \alpha) = \frac{(a+h) \sin \alpha}{x}$$

$$\text{или } \Delta r = M \sqrt{\frac{2}{\beta - \alpha}}$$

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

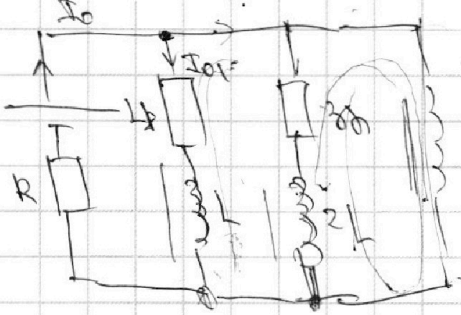
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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

2) ~~...~~ ~~...~~ ~~...~~

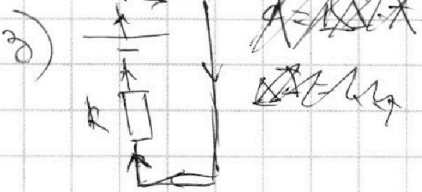


$$\mathcal{E}_{\text{св}} = -L \frac{dI_0}{dt}$$

$$\frac{6}{33} = \frac{2}{11}$$

$$\frac{dI_0}{dt} + \mathcal{E} = I_0 R$$

$$\frac{dI_0}{dt} = \frac{\mathcal{E} - I_0 R}{3L} = \frac{\mathcal{E} - \frac{5}{13} \mathcal{E}}{3L} = \frac{8\mathcal{E}}{39L} \approx 50$$



$$\mathcal{E} - 2L \frac{dI_0}{dt} = I_0 R$$

$$\frac{13}{11} \frac{L\mathcal{E} - 2L}{R} = \frac{2L}{R}$$

$$-2R I_2 = 2L \frac{dI_2}{dt} - 2L \frac{dI_0}{dt}$$

$$-I_1 \cdot 2R = L \frac{dI_1}{dt} - 2L \frac{dI_2}{dt}$$

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\mathcal{E} - 2L \frac{dI_3}{dt} = (I_1 + I_2 + I_3) R$$

$$2L \frac{dI_2}{dt} - 2L \frac{dI_3}{dt} = -2R I_2 \quad (1)$$

$$L \frac{dI_1}{dt} - 2L \frac{dI_2}{dt} = I_2 \cdot 2R - I_1 \cdot 2R \quad (2)$$

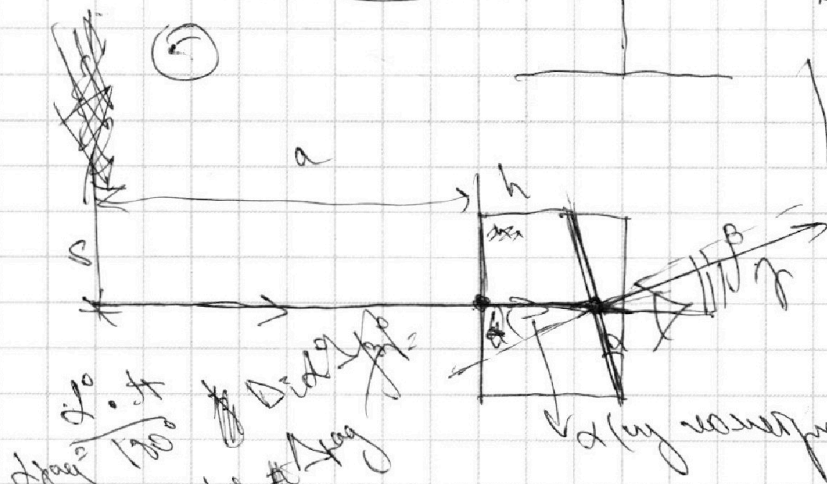
$$(1) + (2): L \frac{dI_1}{dt} - 2L \frac{dI_3}{dt} = -I_1 \cdot 2R$$

$$L \Delta I_1 - 2L \Delta I_3 = -2R \Delta t_1$$

$$\Delta I_1 = -I_0$$

$$\Delta I_3 = 0$$

$$\Delta \phi_1 = \frac{L I_0}{2R}$$



$n^2 = \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha$
 $n^2 = \cos^2 \alpha + \frac{1}{\sin^2 \alpha}$
 $n^2 \sin^2 \alpha = \cos^2 \alpha + 1$
 $n^2 \sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha = 1$
 $n^2 (1 - \cos^2 \alpha) - \cos^2 \alpha = 1$
 $n^2 - n^2 \cos^2 \alpha - \cos^2 \alpha = 1$
 $n^2 - \cos^2 \alpha (n^2 + 1) = 1$
 $\cos^2 \alpha = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 1}$
 $\alpha = \arccos \sqrt{\frac{n^2 - 1}{n^2 + 1}}$

$$n \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$$n_1 \alpha \approx n_2 \beta$$

$$\beta = \frac{n_1 \alpha}{n_2}$$

$$\beta = 0,1 - \frac{1}{1,7} \cdot 0,1$$

$$= 0,1 \left(\frac{7}{10} \right) = 0,07 \text{ рад.}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

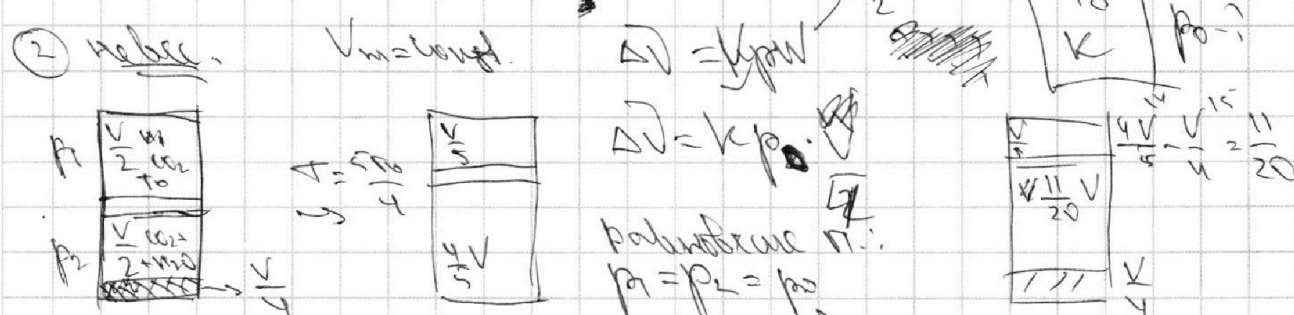
- 1 2 3 4 5 6 7



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



① $f_{from} = f_{comp} = kV$; $500 = k \cdot 25$; $k = 20$
 $f_{from} - kV = \frac{dV}{dt} = \Delta V \cdot \frac{1}{\Delta t}$; $f_1 = m \cdot a_1 + kV = 20 \cdot 20 + 0,5 \cdot 1000 = 400 + 500 = 900 \text{ Н}$
 $p = \frac{\Delta A}{\Delta t} = F \cdot \rho = f_{from} \cdot \rho \cdot V$



$p_1 \cdot \frac{V}{4} = p_2 \cdot \frac{V}{3}$
 $p_1 = \frac{4}{3} p_2$
 $p_1 \cdot \frac{V}{4} = p_0 \cdot \frac{V}{2}$
 $p_1 = 2 p_0$
 $p_2 \cdot \frac{V}{3} = p_0 \cdot \frac{V}{2}$
 $p_2 = \frac{3}{2} p_0$

$p_0 \cdot \frac{11}{20} V = (p_2 + \Delta p) \cdot \frac{3V}{4}$
 $p_0 \cdot \frac{11}{20} V = (2 p_0 + \Delta p) \cdot \frac{3V}{4}$
 $\frac{11}{20} p_0 = \frac{3}{4} (2 p_0 + \Delta p)$
 $\frac{11}{20} p_0 = \frac{3}{2} p_0 + \frac{3}{4} \Delta p$
 $\frac{11}{20} p_0 - \frac{3}{2} p_0 = \frac{3}{4} \Delta p$
 $\frac{11 - 15}{20} p_0 = \frac{3}{4} \Delta p$
 $-\frac{4}{20} p_0 = \frac{3}{4} \Delta p$
 $-\frac{1}{5} p_0 = \frac{3}{4} \Delta p$
 $\Delta p = -\frac{4}{15} p_0$

$p_0 \cdot \frac{5}{16} + \frac{k \rho \cdot 5 \cdot \frac{3V}{4}}{16} + \frac{11 p_0 V}{20} = \frac{55}{32} p_0$
 $p_0 \left(\frac{5}{32} - \frac{5}{16} - \frac{k \rho \cdot 3V}{4} \right) = \frac{11}{20} p_0 V$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

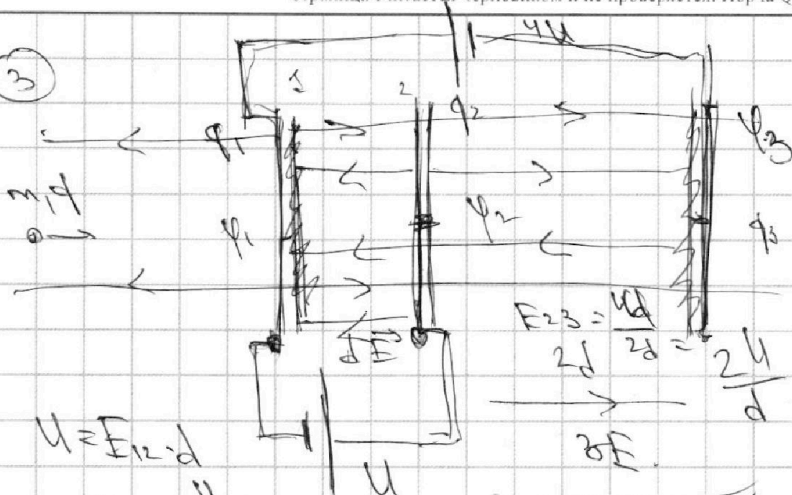
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

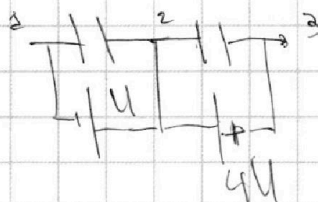
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3



$q_0 = 0$



$E_{23} = \frac{4U}{2d} - \frac{4U}{2d} = \frac{2U}{d}$

$U = E_{12} \cdot d$
 $E_{12} = \frac{U}{d}$

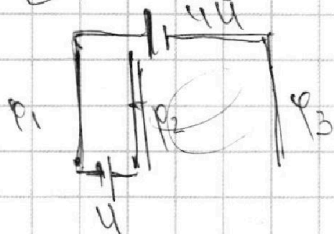
$q = \epsilon E_{12} \cdot A$
 $q = \frac{\epsilon E U A}{d}$

$k_1 - k_2$

$q = k_1 \phi_1 - k_2 \phi_2$

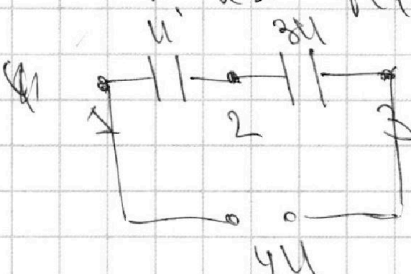
$-E + x = 2E; \quad x = 3E$

$\frac{mv_0^2}{2} = \dots$

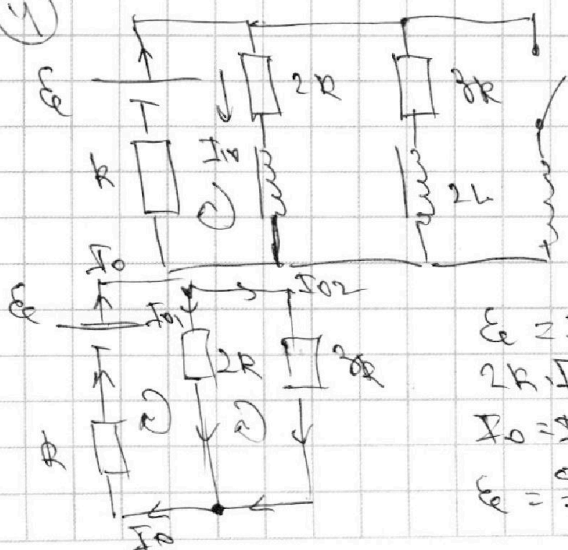


$q\phi_1 + k_1 = q\phi_2 + k_2$

$k_1 - k_2 = q(\phi_2 - \phi_1) = 4U$



4



кон. не работает, инд. сб. б. уст. перм.

$I_0 = \frac{5}{13} \frac{E}{R}$

$E = I_{01} \cdot 2R + I_{02} \cdot 3R$

$2R \cdot I_{01} = 3R \cdot I_{02}; \quad I_{02} = \frac{2}{3} I_{01}$

$I_0 = I_{01} + I_{02} = \frac{5}{3} I_{01}$

$I_{01} = \frac{3}{13} \frac{E}{R}$

$E = \frac{5}{3} I_{01} \cdot 2R + I_{01} \cdot 3R = \frac{13}{3} I_{01} R;$