



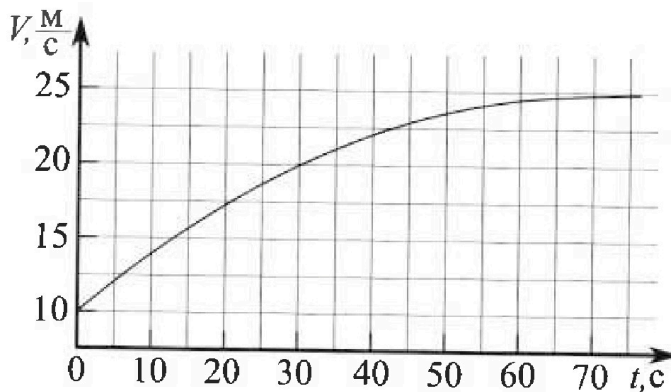
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

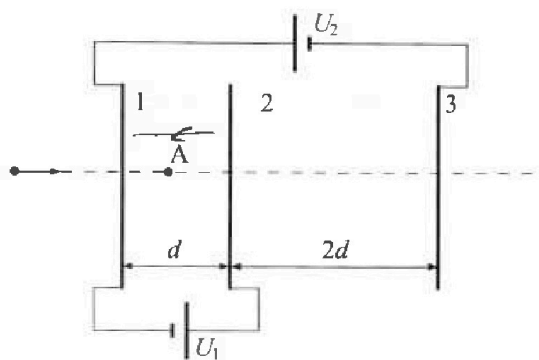
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R — универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

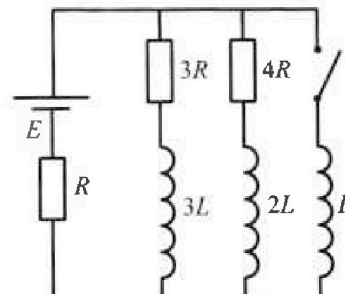
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

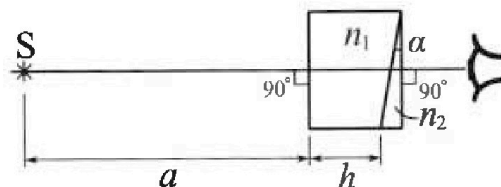


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице!



1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

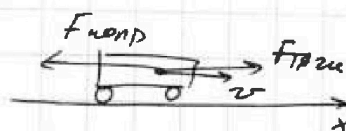
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N1

① $a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow$ в начале разгона $a =$ угловому

коэф. наклона касательной к графику скорости.

$$a_{\text{вн}} = \frac{5 \text{ м/с}}{5 \frac{1}{4} \text{ с}} = \frac{5}{\frac{21}{4}} = \frac{20}{21} \text{ м/с}^2$$



② $ma_{0x} = F_{\text{тяги}x} - F_{\text{сопр}x}$ по второму 3-му закону Ньютона

$$m \cdot 0 = F_{\text{тяги}k} - \beta v_k = F_k - \beta v_k$$

$$\begin{aligned} v_k &= 25 \text{ м/с} \\ v_0 &= 10 \text{ м/с} \end{aligned}$$

$$m \cdot a_0 = F_{\text{тяги}0} - \beta \cdot v_0 = F_0 - \beta v_0 = F_0 - \frac{F_k}{v_k} \cdot v_0$$

$$F_0 = m \cdot a_0 + \frac{F_k}{v_k} \cdot v_0 = 1500 \cdot \frac{20}{21} + \frac{600}{25} \cdot 10 =$$

$$F_0 = \frac{30000}{21} + 240 = \frac{10000}{7} + 240 = 1428 \frac{4}{7} + 240$$

$$F_0 = 1668 \frac{4}{7} \text{ Н}$$

③ $P_{\text{м}}$ мощность от двигателя равна мощности силы тяги, т.е. $P_0 = F_0 \cdot v_0$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$P_0 = F_0 \cdot v_0 = \cancel{1668} \cdot \cancel{10} = 1668 \frac{4}{7} \cdot 10 = 16680 + \frac{40}{7} = 16685 \frac{5}{7} \text{ Вт}$$

Ответ: 1) $a_0 = \frac{20}{21} \text{ м/с}^2$

~~2) $F_0 = 1668 \frac{4}{7} \text{ Н}$~~

~~3) $P_0 = 16685 \frac{5}{7} \text{ Вт}$~~



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!

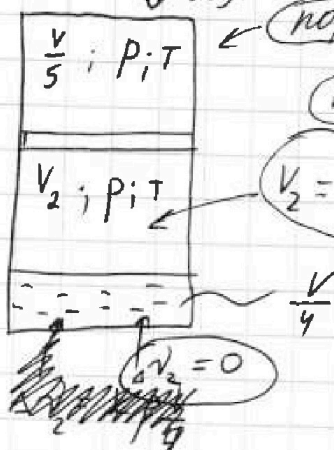
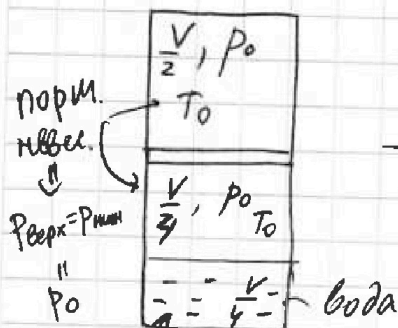
№2 Цилиндр медленно нагрели + поршень теплопровод.

⇓ везде температура = T

⇓ поршень в равновесии

⇓ $p_{\text{верх}} = p_{\text{ниж}} = p$

$V_2 = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}$



$$\Delta V_1 = k p_0 \frac{V}{4}$$

у-е клан. - Менд:

$$1) \quad \nu_{\text{He}} R T_0 = p_0 \cdot \frac{V}{2}$$

$$\rightarrow \nu_{\text{He}} = \frac{p_0 V}{2 R T_0}$$

$$\nu_{\text{CO}_2 \text{ не раствор}} \cdot R T_0 = p_0 \cdot \frac{V}{4}$$

по опред.:

$$\nu_{\text{CO}_2 \text{ раствор}} = \Delta V_1 = k p_0 \cdot \frac{V}{4}$$

$$\rightarrow \nu_{\text{CO}_2 \text{ не раствор}} = \frac{p_0 V}{4 R T_0} = \frac{\nu_{\text{He}}}{2}$$

Вывод: газ не растворенный в воде

⇓

$$\frac{\nu_{\text{CO}_2 \text{ не раствор}}}{\nu_{\text{He}}} = \frac{1}{2}$$

2) т.к. при температуре T $\Delta V_2 = 0$, то весь CO_2 в газобор. состоянии $\Rightarrow$

$$\nu_{\text{CO}_2} = \nu_{\text{CO}_2 \text{ не раствор}} + \nu_{\text{CO}_2 \text{ раствор}} = \frac{p_0 V}{4 R T_0} + k p_0 \frac{V}{4}$$

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!

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

⇓

$$\begin{aligned} \nu_{\text{He}} RT &= \frac{V}{5} P \\ \nu_{\text{CO}_2} \cdot RT &= V_2 P \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{\nu_{\text{CO}_2}}{\nu_{\text{He}}} = \frac{V_2}{\frac{V}{5}}$$

$$\frac{\frac{p_0 V}{4 RT_0} + k p_0 \frac{V}{4}}{\frac{p_0 V}{2 RT_0}} = \frac{V_2}{\frac{V}{5}} = \frac{\frac{11}{20} V}{\frac{V}{5}} = \frac{11}{20} \cdot 5 = \frac{11}{4}$$

$$\frac{\frac{1}{RT_0} + k}{2 \cdot \frac{1}{RT_0}} = \frac{11}{4}$$

$$\frac{1}{2} + \frac{k}{2 \cdot \frac{1}{RT_0}} = \frac{1}{2} + \frac{k \cdot RT_0}{2} = \frac{11}{4}$$

$$1 + k \cdot RT_0 = \frac{11}{2}$$

$$k \cdot R \cdot T_0 = \frac{11 - 2}{2} = \frac{9}{2}$$

$$\frac{k \cdot R T_0}{RT} = \frac{9}{2 RT} \Rightarrow \frac{T_0}{T} = \frac{9}{2 \cdot R T \cdot k} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{2 RT \cdot k}{9} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cdot 10^{-3}}{9} = \frac{1}{3}$$

Ответ:

$$1) \frac{\nu_{\text{CO}_2}}{\nu_{\text{He}}} = \frac{1}{2}$$

$$2) T/T_0 = 1/3$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

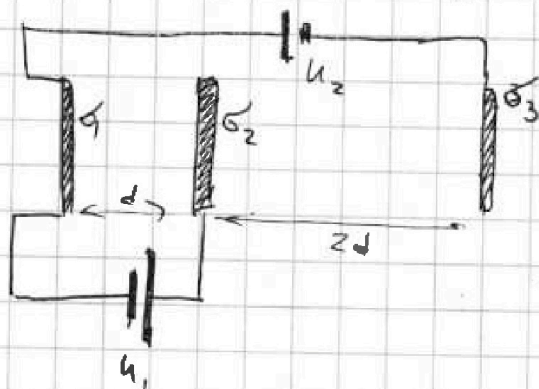
МФТИ

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



№3

① Найдём распределение зарядов на сетках,
точнее их пов-тные плотности зарядов σ



ЗСЭЗ:

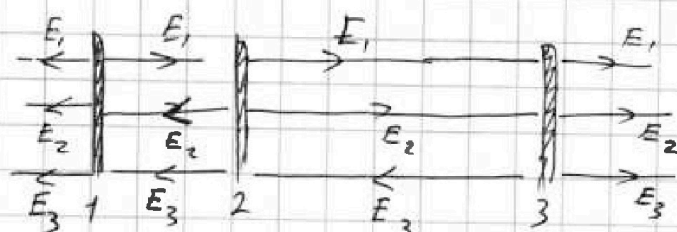
$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

Кирхгоф:

$$-(E_1 - E_2 - E_3) \cdot d = U_{12}$$

$$(E_3 - E_2 - E_1) \cdot 2d +$$

$$+ (E_2 + E_3 - E_1) d = U_2$$



$$E_1 = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} \quad E_2 = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0}$$

$$E_3 = \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

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

(1)

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

(2)

$$-\sigma_2 - \sigma_3 + \sigma_1 + 2\sigma_1 + 2\sigma_2 - 2\sigma_3 = \frac{U_2 \cdot 2\epsilon_0}{d}$$

(3)

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

$$\sigma_2 + \sigma_3 - \sigma_1 = \frac{U_1 \cdot 2\epsilon_0}{d}; \quad 3\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3 = \frac{U_2 \cdot 2\epsilon_0}{d}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

$$\sigma_2 + \sigma_3 = \frac{\kappa \cdot 2\epsilon_0}{d} + \sigma_1 = \cancel{\kappa \cdot 2\epsilon_0} - \sigma_1 \quad (1 \text{е ур-е})$$

(2е ур-е)

$$\frac{\kappa \cdot 2\epsilon_0}{d} = -2\sigma_1 \Rightarrow \sigma_1 = -\frac{\kappa \epsilon_0}{d}$$

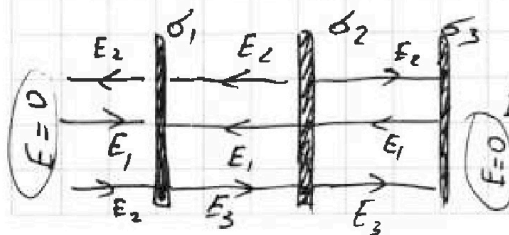
$$\sigma_2 + \sigma_3 = \frac{\kappa \cdot 2\epsilon_0}{d} + \sigma_1 = \frac{\kappa \cdot 2\epsilon_0}{d} - \frac{\kappa \epsilon_0}{d} = \frac{\kappa \epsilon_0}{d}$$

$$\sigma_2 - 3\sigma_3 = \frac{3\kappa \cdot 2\epsilon_0}{d} - 3\sigma_1 = \frac{3\kappa \cdot 2\epsilon_0}{d} - \frac{3\kappa \epsilon_0}{d} = \frac{9\kappa \epsilon_0}{d}$$

$$4\sigma_2 = \frac{12\kappa \epsilon_0}{d} \Rightarrow \sigma_2 = \frac{3\kappa \epsilon_0}{d}$$

$$\frac{4}{4}\sigma_3 = -\frac{8\kappa \epsilon_0}{d} \Rightarrow \sigma_3 = -\frac{2\kappa \epsilon_0}{d}$$

Найдем поле между 1 и 2



$$E_{12} = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{|\sigma_1|}{2\epsilon_0} = \frac{|\sigma_3|}{2\epsilon_0}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$E_{12} = \frac{U \epsilon_0}{d \cdot 2 \epsilon_0} + \frac{3U \epsilon_0}{d \cdot 2 \epsilon_0} - \frac{2U \epsilon_0}{2 \epsilon_0}$$

$$E_{12} = \frac{2U \epsilon_0}{d \cdot 2 \epsilon_0} = \frac{U}{d}$$

$$F_{12} = E_{12} \cdot q = m \cdot a_{12} \Rightarrow a_{12} = \frac{F_{12}}{m} = \frac{U \cdot q}{d \cdot m}$$

$$a_{12} = \frac{E_{12} \cdot q}{m} = \frac{U \cdot q}{d \cdot m}$$

2) На бесконечном удалении от сеток система
сеток это диполь ~~или внешняя модель~~

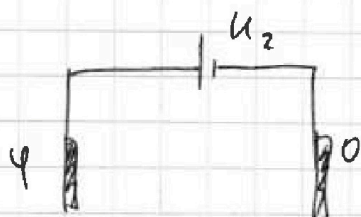


~~или внешняя модель~~

← эквипотенциальная
пов-ть

Потому перемещение с ∞ на эквипот.
пов-ть требует работы $A = 0$

⇓
в точке, где отн-но внешним
электр. потенциал равен $\frac{U}{2}$



скорость равна v_0

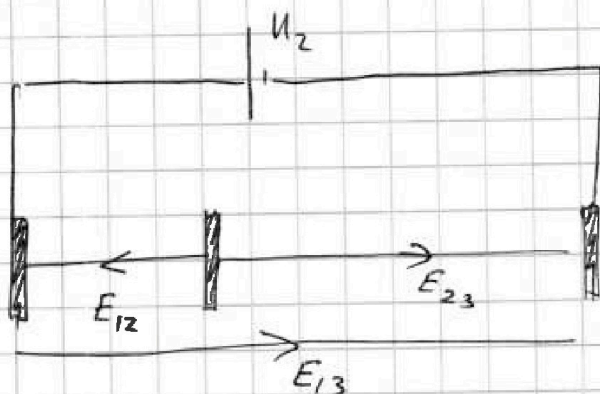
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



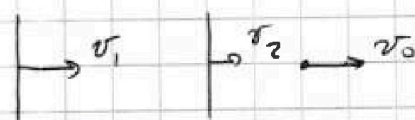
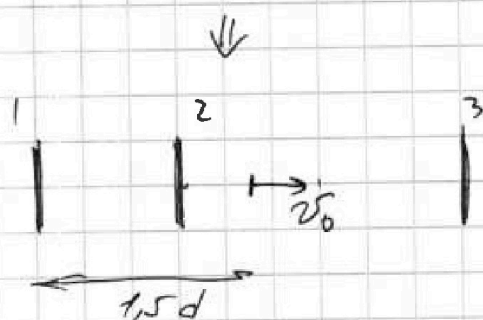
$$E_{23} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{13} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{|\sigma_2| + \sigma_3}{2\epsilon_0}$$

$$E_{13} = \frac{3U_2}{d}$$

$$E_{23} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1 + |\sigma_3|}{2\epsilon_0}$$

$$E_{23} = \frac{3U_2 - U_1 + 2U_1}{2d} = \frac{4U_1}{d}$$



$$3CJ: -\frac{mv_2^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} = |\vec{E}_{23}| \cdot q \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} =$$

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = |\vec{E}_{12}| \cdot q \cdot d$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = K_2$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = K_1$$

$$\Rightarrow K_1 - K_2 = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} =$$

$$= \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} + E_{12} \cdot q \cdot d = |\vec{E}_{12}| \cdot q \cdot d$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

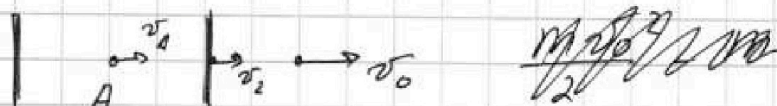
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$K_1 - K_2 = |\vec{E}_{12}| \cdot q = \frac{U}{d} \cdot q \cdot d = Uq$$

3)



$$-\frac{mv_2^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} = |\vec{E}_{23}| \cdot q \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{mv_A^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = |\vec{E}_{12}| \cdot q \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + |\vec{E}_{12}| \cdot q \cdot \frac{d}{4} = -|\vec{E}_{23}| \cdot q \cdot \frac{d}{4} + \frac{mv_0^2}{2} + |\vec{E}_{12}| \cdot q \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{U}{d} \cdot q \cdot \frac{d}{4} + \frac{mv_0^2}{2} - \frac{4U}{d} \cdot q \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{mv_A^2}{2} = \frac{Uq}{4} + \frac{mv_0^2}{2} - Uq$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{3Uq}{2m}}$$

Ответ: 1) $\frac{Uq}{dm} = a_{12}$

3) $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{3Uq}{2m}}$

2) $Uq = K_1 - K_2$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

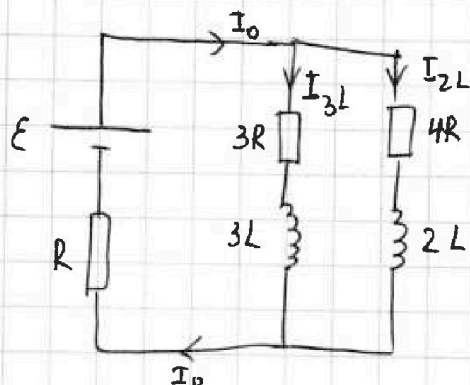
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

№4

①



при разомкнутом ключе ток установился $\Rightarrow \frac{dI_{3L}}{dt} = 0$

$\frac{dI_{2L}}{dt} = 0 \Rightarrow$ правила Кирхгофа для

этой цепи цепи:

$$\varepsilon = 3R \cdot I_{3L} + L \cdot \frac{dI_{3L}}{dt} + I_0 R$$

$$\varepsilon = 4R \cdot I_{2L} + L \cdot \frac{dI_{2L}}{dt} + I_0 R$$

$$I_0 = I_{3L} + I_{2L}$$

$\Leftrightarrow$

$$\varepsilon = 3R \cdot I_{3L} + I_0 R$$

$$\varepsilon = 4R \cdot I_{2L} + I_0 R$$

$$I_0 = I_{3L} + I_{2L}$$

$$\varepsilon = 3R \cdot I_{3L} + I_0 R$$

$$\Rightarrow I_{3L} = \frac{\varepsilon - I_0 R}{3R}$$

$$\varepsilon = 4R \cdot (I_0 - I_{3L}) + I_0 R$$

$$\Rightarrow \varepsilon = 4R \cdot I_0 - 4R I_{3L} + I_0 R$$

$$\varepsilon = 5I_0 R - 4R \cdot \frac{\varepsilon - I_0 R}{3R}$$

$$\varepsilon = 5I_0 R - \frac{4\varepsilon}{3} + \frac{4}{3} I_0 R \Rightarrow 3\varepsilon = 15I_0 R - 4\varepsilon + 4I_0 R$$

$$7\varepsilon = 19I_0 R$$

$$I_0 = \frac{7\varepsilon}{19R}$$

$$\frac{7\varepsilon}{19R} = I_0 \Rightarrow I_{3L} = \frac{\varepsilon - \frac{7\varepsilon}{19} R}{3R} = \frac{12\varepsilon}{19R \cdot 3}$$

$$I_{3L} = I_0 = \frac{4\varepsilon}{19R}$$

$$\Leftrightarrow I_{3L} = \frac{4\varepsilon}{19R}$$

$$\frac{12\varepsilon}{19R \cdot 3}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

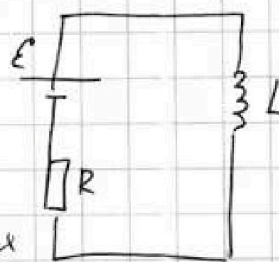
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

② Поток через катушку L при замыкании
ключа мгновенно измениться не может $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ сразу после замыкания ключа ток через L
равен $I_{L1} = 0$ ($\underbrace{L \cdot 0}_{\text{ток до замык.}} = L \cdot I_{L1}$)

Следовательно, ток через R сразу после замыкания
ток же $I_0 = \frac{7\varepsilon}{19R}$

$\Downarrow$
правило Кирхгофа для контура



$$\varepsilon = R \cdot I_0 + L \cdot \frac{dI_{L1}}{dt}$$

$\nwarrow$ скорость возрастания
тока в L

$$\varepsilon = R \frac{7\varepsilon}{19R} + L \cdot \frac{dI_{L1}}{dt}$$

$$\frac{dI_{L1}}{dt} = \frac{\varepsilon - \frac{7\varepsilon}{19}}{L} = \frac{12\varepsilon}{19L}$$

точнее $\varepsilon - L \cdot \frac{dI_{L1}}{dt} = RI_0$, просто $\left(-L \frac{dI_{L1}}{dt}\right)$ было
перенесено вправо

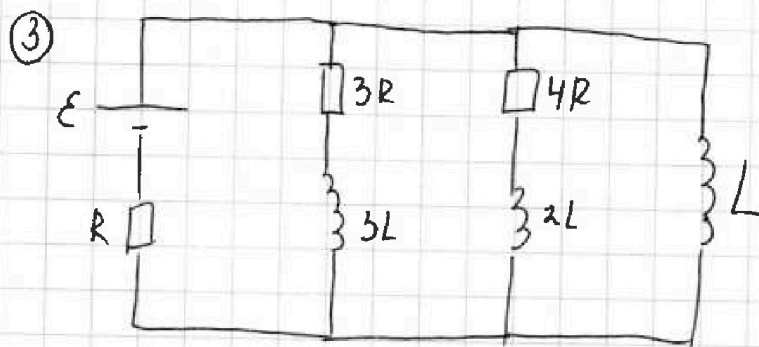
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Заряд будет течь через $3R$ пока режим в цепи не установится. Когда режим установится, ток будет течь только через L и будет равен $I_0' = \frac{\varepsilon}{R}$.

Запишем правило Кирхгофа для цепи

$$i_3 \cdot 3R = -3L \cdot \frac{di_3}{dt} - \left(-L \cdot \frac{di_1}{dt} \right)$$

$$i_3 dt \cdot 3R = -3L di_3 + L di_1$$

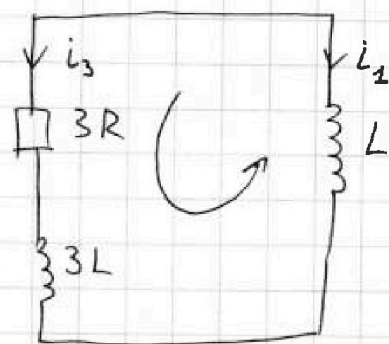
$$3R \cdot dq_3 = -3L \cdot di_3 + L \cdot di_1$$

$$\Downarrow$$

$$3R \cdot (q_3 - 0) = -3L(0 - I_{10}) + L \cdot (I_0' - 0)$$

$$3R \cdot q_3 = 3L \cdot \frac{4\varepsilon}{19R} + L \cdot \frac{\varepsilon}{R}$$

$$q_3 = \frac{4\varepsilon L}{19R^2} + \frac{L\varepsilon}{3R^2} = \frac{12+19}{57} \frac{L\varepsilon}{R^2} = \frac{31}{57} \frac{L\varepsilon}{R^2}$$



Ответ: 1) $I_{10} = \frac{4\varepsilon}{19R}$; 2) $\frac{dI_{11}}{dt} = \frac{12\varepsilon}{19L}$; 3) $q_3 = \frac{31}{57} \frac{L\varepsilon}{R^2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

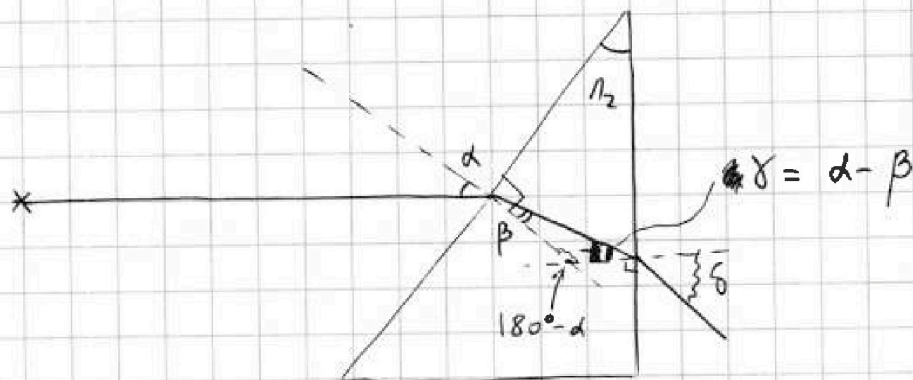
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

~5

① т.к. $n_1 = n_2$, то наличие первой призмы никак не влияет на распространение лучей



Закон Снеллиуса:

$\sin \alpha \approx \alpha \approx \tan \alpha$ — в силу малости углов

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

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

$$\sin \gamma \cdot n_2 = \sin \delta \cdot n_1$$

$$\gamma \cdot n_2 = \delta \cdot n_1 \Rightarrow \gamma \cdot \frac{n_2}{n_1} = \delta$$

$$\delta = (\alpha - \beta) \cdot \frac{n_2}{n_1} = \left(\alpha - \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2} \right) \cdot \frac{n_2}{n_1} = \alpha \cdot \frac{n_2}{n_1} - \alpha$$

$$\delta = \alpha \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1} \text{ — угол отклонения, т.к. толщина}$$

$$\delta = 0,1 \cdot \frac{1,7 - 1}{1} \text{ призмы НАЛА}$$

$$\delta = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

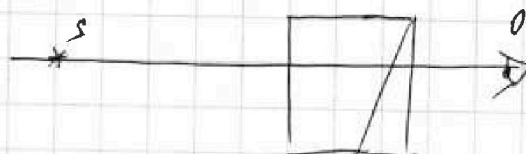
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

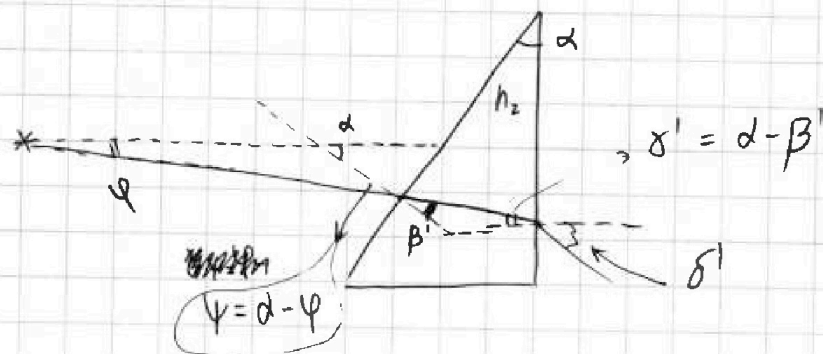
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Печать QR-кода недопустима!

② Рассмотрим ход луча, вышедшего из источника под малым углом φ .

Т.к. источник лежит на оси SO , то его изображение тоже будет формироваться на этой оси.



$n_1 = n_2 = 1 \Rightarrow$ ход лучей в n_1 аналогичен ①

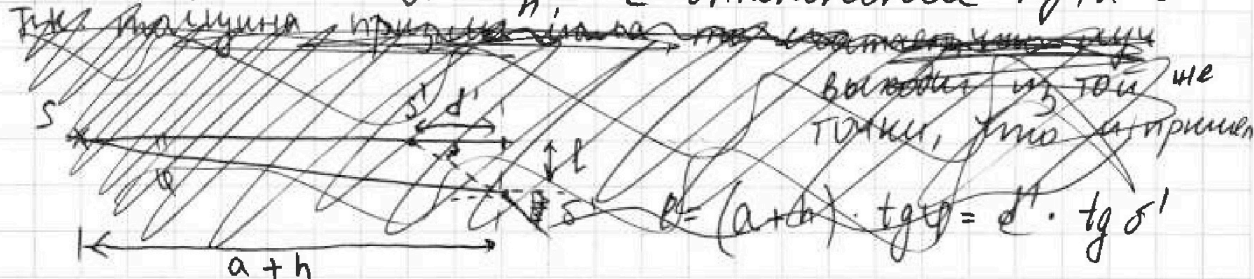


3-й Случае: $\sin \varphi \cdot n_1 = \sin \beta \cdot n_2 \Rightarrow \varphi \cdot n_1 = \beta \cdot n_2$
 $\sin \delta' \cdot n_2 = \sin \delta \cdot n_1 \Rightarrow \delta' \cdot n_2 = \delta \cdot n_1$

$$\delta' = \delta \cdot \frac{n_2}{n_1} = (\alpha - \beta') \cdot \frac{n_2}{n_1} = \left(\alpha - \varphi \cdot \frac{n_1}{n_2} \right) \cdot \frac{n_2}{n_1} =$$

$$\delta' = \alpha \cdot \frac{n_2}{n_1} - \varphi = \alpha \cdot \frac{n_2}{n_1} + \varphi - \alpha = \alpha \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1} + \varphi$$

$$\Delta \delta = \delta' - \varphi = \alpha \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1} \leftarrow \text{отклонение луча} = \delta$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

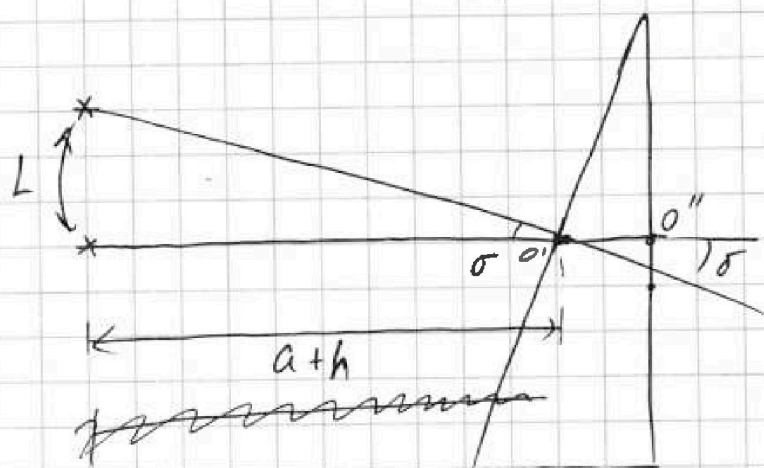
МФТИ

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

$$(a+h) \cdot \varphi = d' \cdot \delta'$$

$$L = (a+h) - d' = (a+h) - \frac{(a+h) \cdot \varphi}{\delta'} = (a+h) \left(1 - \frac{\varphi}{\delta'} \right)$$

$$L = (a+h) \left(\frac{\delta' - \varphi}{\delta'} \right) = (a+h) \left(\frac{\alpha \frac{n_2 - n_1}{n_1} + \varphi - \varphi}{\alpha \frac{n_2 - n_1}{h_1} + \varphi} \right)$$



$\delta' \approx \delta$ (маленькая толщина)

$$L = (h+a) \cdot \tan \delta = (h+a) \cdot \delta = (h+a) \cdot \alpha \cdot \frac{n_2 - n_1}{h_1}$$

$$L = (90 + 14) \cdot 0,1 \cdot \frac{1,7 - 1}{1} = 104 \cdot 0,07 = 7,28 \text{ см}$$

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

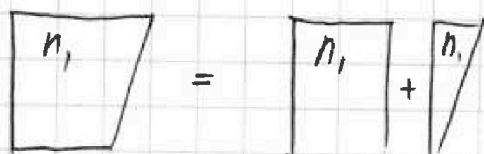
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

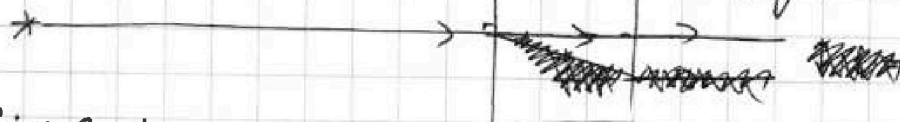
МФТИ

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

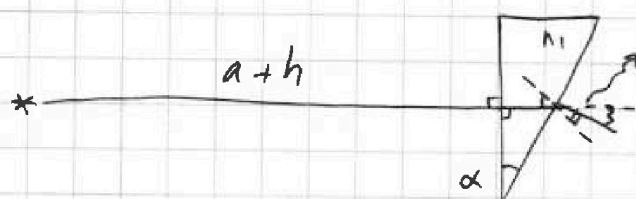
③ призму n , можно представить как
микропараллельную пластинку и треуг. призму



микропараллельная
пластинка не
меняет ход
лучей



$$\sin 0 \cdot n_g = \sin 0 \cdot n_1$$

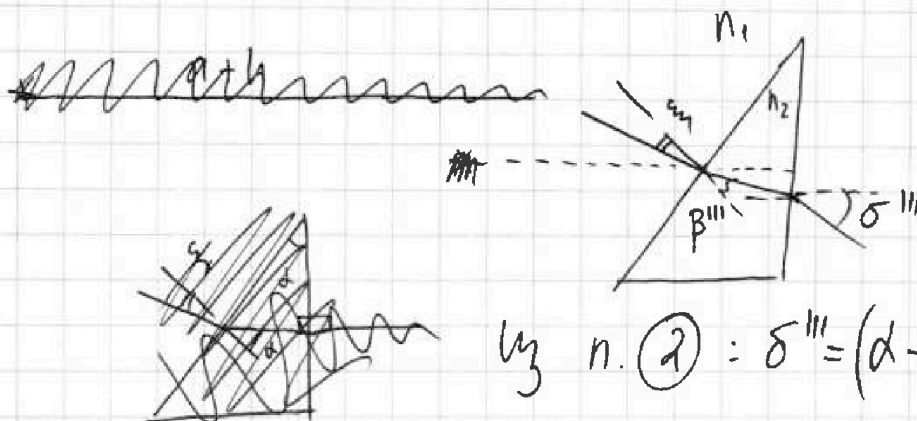


$$\sin \alpha \cdot n_1 = \sin \gamma \cdot n_g$$

$$\alpha \cdot n_1 = \gamma \cdot n_g$$

$$\alpha \cdot \frac{n_1}{n_g} = \gamma$$

$$\Delta \gamma = \alpha - \gamma = \alpha \cdot \left(\frac{n_1 - n_g}{n_g} \right)$$



$$\text{из п. ②: } \delta''' = (\alpha - \beta''') \cdot \frac{n_2}{n_g} =$$

$$= \left(\alpha - \gamma \cdot \frac{n_1}{n_2} \right) \cdot \frac{n_2}{n_g} = \left(\alpha - \alpha \cdot \frac{n_1 - n_g}{n_g} \cdot \frac{n_1}{n_2} \right) \cdot \frac{n_2}{n_g}$$

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!

по пункту ②:



$$L_2 = (a+h) \cdot \operatorname{tg} \delta''' = (a+h) \cdot \delta'''$$

$$L_2 = (a+h) \alpha \cdot \left(1 - \frac{n_1 - n_2}{n_2} \cdot \frac{n_1}{n_2}\right) \cdot \frac{n_2}{n_2}$$

$$L_2 = (90+14) \cdot 0,1 \cdot \left(1 - \frac{1,4-1}{1} \cdot \frac{1,4}{1,7}\right) \cdot \frac{1,7}{1} =$$

$$L_2 = 104 \cdot 0,1 \cdot \left(1 - 0,4 \cdot \frac{1,4}{1,7}\right) \cdot 1,7 =$$

$$L_2 = 10,4 \cdot 1,7 \cdot \left(1 - \frac{0,4 \cdot 1,4}{10 \cdot 1,7}\right) = 10,4 \cdot 1,7 \cdot \frac{17 - 5,6}{17}$$

$$L_2 = 10,4 \cdot 1,7 \cdot \frac{11,4}{17} = \frac{118,56 \cdot 1,7}{17} = \frac{118,56}{10}$$

$$L_2 = 11,856 \text{ cm}$$

Ответ: 1) $\delta = 0,07 \text{ рад}$

2) $L = 7,28 \text{ cm}$

3) $L_2 = 11,856 \text{ cm}$

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. Поря QR-кода недопустима!

№1

① $a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow$ в начале разгона ускорение равно угловому коэф. наклона графика

$$a = \frac{5 \text{ м/с}}{5,25 \text{ с}} = \frac{5}{5\frac{1}{4}} = \frac{5}{\frac{21}{4}} = \frac{5}{21} = \frac{20}{21} \text{ м/с}^2$$

② $ma = F_{тр}$

$$m \frac{dv}{dt} = F_{тр}$$

$$m \cdot dv = F_{тр} \cdot dt$$

$$\frac{600/25}{100} = \frac{100}{50} \Rightarrow v_k = 25 \text{ м/с}$$

$$1500 \cdot \frac{20}{21} = 1500$$

$$m \cdot (v_k - v_0) = (F_k - F_0) \cdot t$$

$$m \cdot \frac{v_k - v_0}{t} = F_k - F_0$$

$$F_0 = F_k - m \cdot \frac{v_k - v_0}{t}$$

$$F_0 = 600 - 1500 \cdot \frac{25 - 10}{75} = 600 - 20 \cdot 15 = 600 - 300$$

$$F_0 = 300 \text{ Н}$$

③

$$\frac{30000}{21} = \frac{10000}{7} = \frac{10000}{7}$$

$$P = \frac{dv}{dt} m dv$$

$$\begin{array}{r} 10000 \\ - 30 \\ \hline 9700 \\ - 20 \\ \hline 9680 \\ - 60 \\ \hline 9620 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

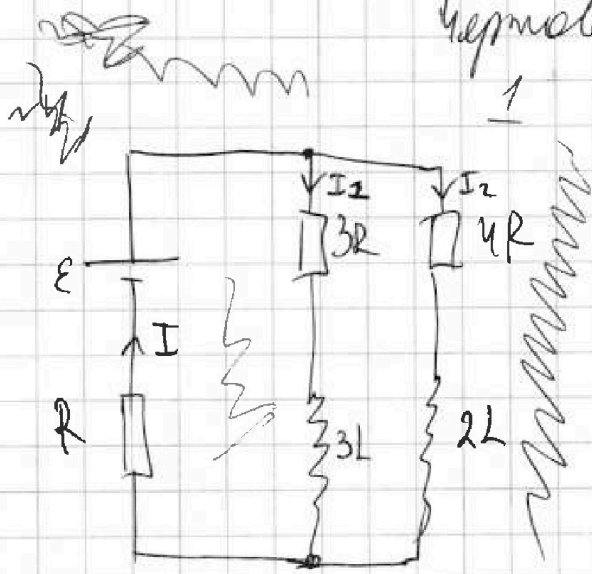
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4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

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

МФТИ



Черновик



1

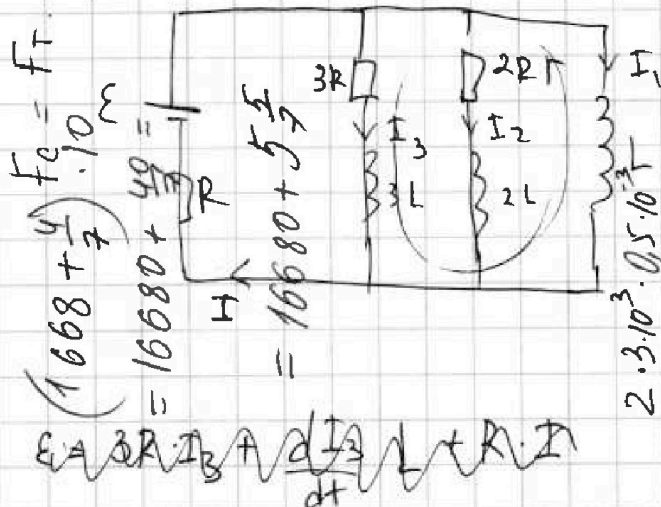
$$E = 3R \cdot I_1 + 3L \frac{dI_1}{dt} + R \cdot I$$

уст. режим $\Rightarrow \frac{dI_1}{dt} = 0$

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

$$E = 4R \cdot (I - I_1) + R \cdot I$$

Сразу после замк: $\Rightarrow I_2 = 0 \Rightarrow 3I$



$D \rightarrow \frac{E}{R}$

$$3R \cdot I_3 = -3L \frac{dI_3}{dt} - (-L \frac{dI_1}{dt})$$

$$3R \cdot q_3 = -3L dI_3 + L dI_1$$

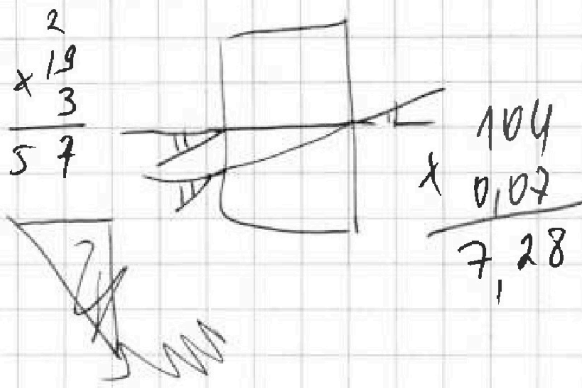
$$3R \cdot q_3 = -3L (I_3 - I_1)$$

$P = \frac{dA}{dt}$

$P = \frac{F \cdot dx}{dt} = F \cdot v$

$P = m \frac{v dv}{dt}$

$P = m$



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. Пиратский QR-код не допускается!



$$1500 \cdot \frac{20}{21} =$$

$$ma = f$$

$$m \frac{dv}{dt} = f$$

$$m dv = f \cdot dt$$

$$m \int_{v_0}^v dv = \int_{x_0}^x f \cdot dx$$

$$f \cdot dx = dv$$

$$= f \cdot dv \cdot dt$$

$$a \cdot v = v \cdot (b + v)$$

$$v \cdot dv = (b + v) \cdot dt$$

$$\frac{v \cdot dv}{b + v} = dt$$

$$\frac{v \cdot dv}{b + v} = \frac{v \cdot dv}{v + b}$$

$$\frac{v \cdot dv}{v + b} = \frac{v \cdot dv}{v + b}$$

$$\frac{v \cdot dv}{v + b} = \frac{v \cdot dv}{v + b}$$

$$\frac{v \cdot dv}{v + b} = \frac{v \cdot dv}{v + b}$$

$$\frac{v \cdot dv}{v + b} = \frac{v \cdot dv}{v + b}$$

$$\frac{v \cdot dv}{v + b} = \frac{v \cdot dv}{v + b}$$

$$\frac{v \cdot dv}{v + b} = \frac{v \cdot dv}{v + b}$$

$$f \cdot dv = dv$$

$$= 5 \cdot 6 = 30$$

$$x = 30$$

$$x = 30$$

$$x = 30$$

$$x = 30$$

$$x = 30$$

$$x = 30$$

$$x = 30$$

$$x = 30$$

Черновик

$$30 - 10 = 20$$

$$25 - 5 = 20$$

$$25 - 5 = 20$$

$$25 - 5 = 20$$

$$25 - 5 = 20$$

$$25 - 5 = 20$$

$$25 - 5 = 20$$

$$25 - 5 = 20$$

$$25 - 5 = 20$$

$$25 - 5 = 20$$

$$a \cdot \left(1 - \frac{v}{b+v}\right) = a \cdot \left(\frac{b+v-v}{b+v}\right) = a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$a \cdot \left(1 - \frac{v}{b+v}\right) = a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$a \cdot \left(1 - \frac{v}{b+v}\right) = a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$a \cdot \left(1 - \frac{v}{b+v}\right) = a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$a \cdot \left(1 - \frac{v}{b+v}\right) = a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$a \cdot \left(1 - \frac{v}{b+v}\right) = a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$

$$= a \cdot \left(\frac{b}{b+v}\right)$$