



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



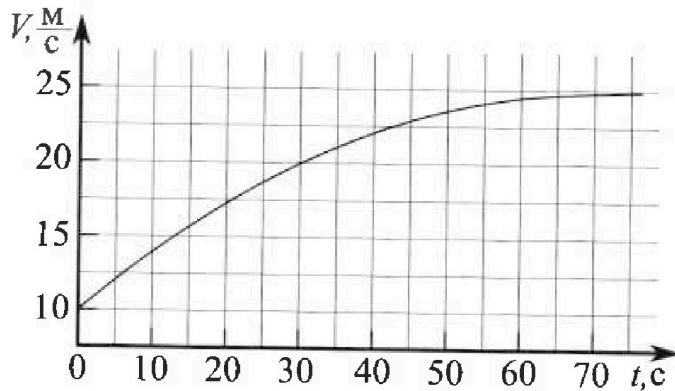
Вариант 11-03

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 чи сленного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.



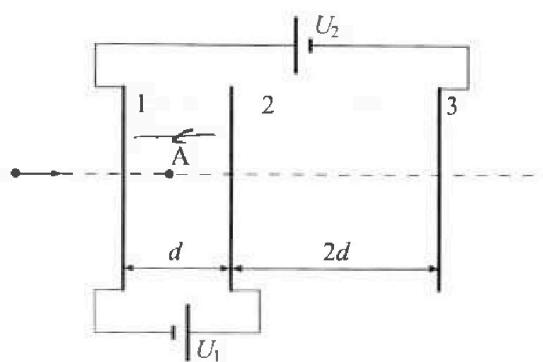
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплоизолирующим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней — вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{АТМ}}/2$ ($P_{\text{АТМ}}$ — нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k_{\text{ри}} w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ 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**



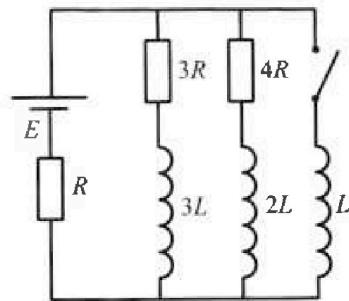
Вариант 11-03

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

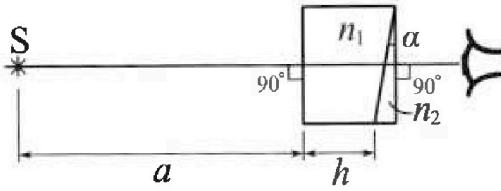
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

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

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



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



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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

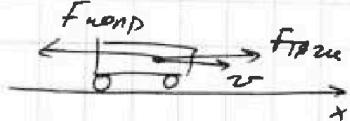
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N1

① $a = \frac{d\sigma}{dt} \Rightarrow$ в начале разгона $a = \text{установлена}$

коэф. наклона касательной к графику
скорости.

$$a_{0\text{ст}} = \frac{5 \text{ м/с}}{\frac{5}{4} \text{ с}} = \frac{5}{\frac{21}{4}} = \frac{20}{21} \text{ м/с}^2$$



② $m \cdot a_0 = f_{\text{трвз}_x} - f_{\text{трвз}_r}$ по второму з-му牛顿定律

$$m \cdot 0 = f_{\text{трвз}_k} - \beta v_k = F_k - \beta v_k$$

$$\boxed{v_k = 25 \text{ м/с}}$$

$$\boxed{v_0 = 10 \text{ м/с}}$$

$$m \cdot a_0 = f_{\text{трвз}_0} - \beta \cdot v_0 = f_0 - \beta \cdot v_0 = f_0 - \frac{F_k}{v_k} \cdot v_0$$

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

$$f_0 = \frac{30000}{21} + 240 = \frac{10000}{7} + 240 = 1428 \frac{4}{7} + 240$$

$$F_0 = 1668 \frac{4}{7} \text{ Н}$$

③ P_m мауналь от движения 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 |
| <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!

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

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.

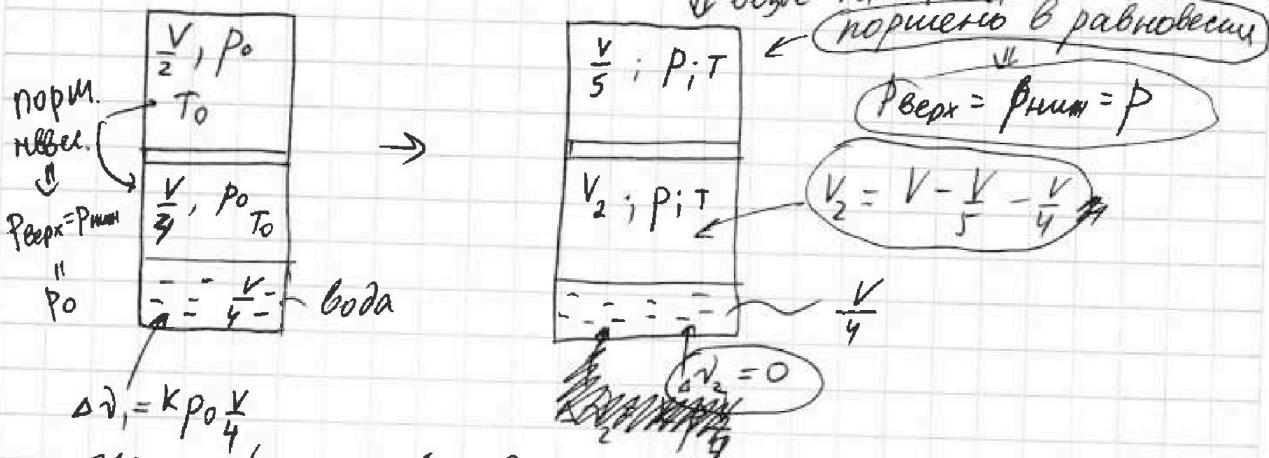
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 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. Нарча QR-кода недопустима!

№2 Упаковка мороженого и горячего гелиопровод



Уп-е клап.-менд:

$$1) \quad V_{\text{He}} R T_0 = P_0 \cdot \frac{V}{2} \quad \rightarrow \quad V_{\text{He}} = \frac{P_0 V}{2 R T_0}$$

$$V_{\text{CO}_2 \text{ не раствор}} \cdot R T_0 = P_0 \cdot \frac{V}{4} \quad \rightarrow \quad V_{\text{CO}_2 \text{ не раствор}} = \frac{P_0 V}{4 R T_0} = \frac{V_{\text{He}}}{2}$$

но опред.:

$$V_{\text{CO}_2 \text{ раствор}} = \Delta V = k P_0 \cdot \frac{V}{4}$$

Воздух в растворе саже, в газообр. состоянии -
газ, не растворенный в воде

||

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

2) Т.к. при температуре $T \Delta V_2 = 0$, то
вес CO_2 в газообр. состоянии \Rightarrow

$$V_{\text{CO}_2} = V_{\text{CO}_2 \text{ не раствор}} + V_{\text{CO}_2 \text{ раствор}} = \frac{P_0 V}{4 R T_0} + k P_0 \frac{V}{4}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

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

↓

$$\begin{aligned} v_{\text{He}} \cdot R T &= \frac{V}{5} P \\ v_{\text{CO}_2} \cdot R T &= V_2 P \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{v_{\text{CO}_2}}{v_{\text{He}}} = \frac{\frac{V_2}{V}}{\frac{1}{5}}$$

$$\frac{\frac{P_0 V}{4 R T_0} + k \frac{P_0 V}{4}}{\frac{P_0 V}{2 R T_0}} = \frac{\frac{V_2}{V}}{\frac{1}{5}} = \frac{\frac{11}{20} V}{\frac{V}{5}} = \frac{11}{20} \cdot 5 = \frac{11}{4}$$

~~$$\frac{\frac{1}{R T_0} + k}{2 \cdot \frac{1}{R T_0}} = \frac{11}{4}$$~~

$$\frac{1}{2} + \frac{k}{2 \cdot \frac{1}{R T_0}} = \frac{1}{2} + \frac{k \cdot R T_0}{2} = \frac{11}{4}$$

$$1 + k \cdot R T_0 = \frac{11}{2}$$

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

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

$$\Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{2 R T \cdot k}{9} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{9} = \frac{1}{3}$$

Ответ:

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

$$2) \frac{T}{T_0} = \frac{1}{3}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



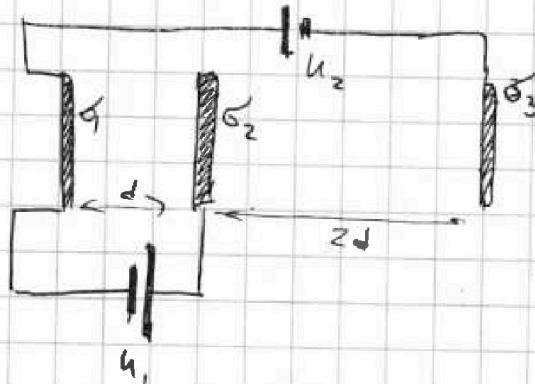
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

№3

① Найдем распределение зарядов на сетках,
точнее их поверхностные плотности зарядов σ



ЗС №3:

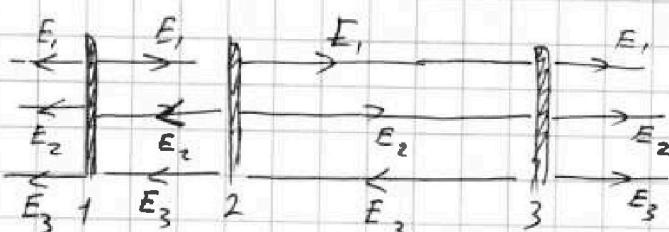
$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

Кирхгоф:

$$-(E_1 - E_2 - E_3) \cdot d = U_{21}$$

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

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



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

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

(1)

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

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

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

↓

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

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

МФТИ

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

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

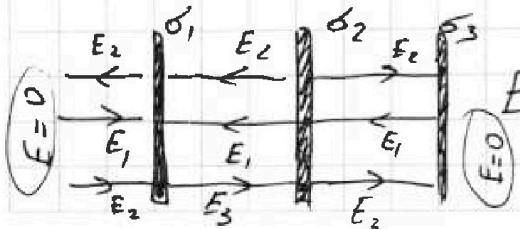
$$\sigma_2 + \sigma_3 = \frac{U \cdot 2\epsilon_0}{d} + \sigma_1 = \frac{U \cdot 2\epsilon_0}{d} - \frac{U\epsilon_0}{d} = \frac{U\epsilon_0}{d}$$

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

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

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

Найдем поле между 1 и 2



$$E_{1,2} = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{|\sigma_1|}{2\epsilon_0} - \frac{|\sigma_3|}{2\epsilon_0}$$



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

Ометьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

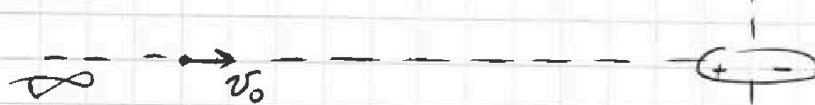
$$E_{12} = \frac{U_{\infty}}{d \cdot 2\epsilon_0} + \frac{3U_{\infty}}{d \cdot 2\epsilon_0} \cancel{+ K \frac{U_{\infty}}{d \cdot 2\epsilon_0} \cancel{+ K \frac{U_{\infty}}{d \cdot 2\epsilon_0}}} - \frac{4U_{\infty}}{2\epsilon_0}$$

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

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

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

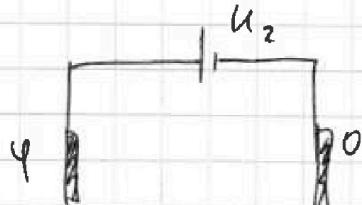
② НА бесконечном удалении от сеток, система
сеток это диполь ~~внешних~~ ~~внешних~~ ~~стенок~~



| \leftarrow \rightarrow | \in эквивалентная
поб-рв

потому перемещение с ∞ на эквапот.
поб-рв требует работы $A=0$

в точке, где относительно внешних
сеток потенциал равен $\frac{\Psi}{2}$



скорость равна v_0

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

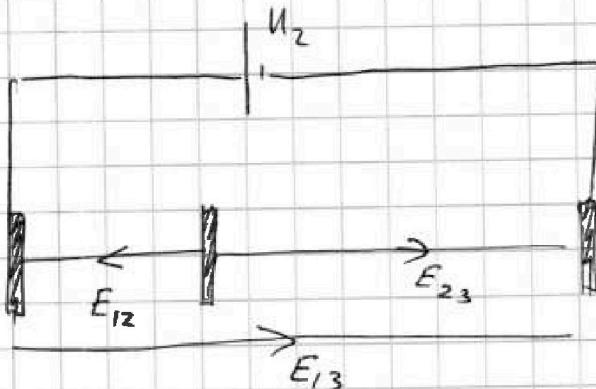
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



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



~~$$E_{13} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{(\sigma_2) + \sigma_3}{2\epsilon_0}$$~~

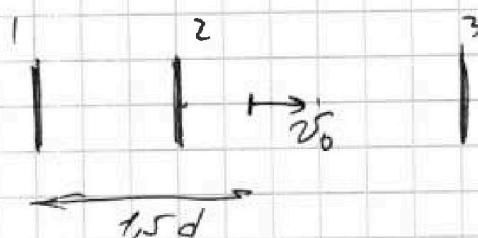
$$E_{13} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2 + \sigma_3}{2\epsilon_0}$$

~~$$E_{23} = \frac{3U_2}{d}$$~~

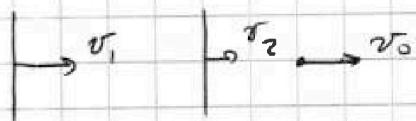
$$E_{23} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1 + \sigma_3}{2\epsilon_0}$$

↓

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



~~$$3C9: -\frac{m\omega_2^2}{2} + \frac{m\omega_0^2}{2} = \bar{F}_{23} \cdot q \cdot \frac{d}{4}$$~~



~~$$\cancel{m\omega_2^2} \cancel{m\omega_0^2}$$~~

$$\frac{m\omega_1^2}{2} - \frac{m\omega_2^2}{2} = (\bar{F}_{12}) \cdot q \cdot d$$

$$\frac{m\omega_2^2}{2} = k_2$$

$$\Rightarrow k_1 - k_2 = \frac{m\omega_1^2}{2} - \frac{m\omega_2^2}{2} =$$

$$\frac{m\omega_1^2}{2} = k_1$$

$$= \frac{m\omega_2^2}{2} - \frac{m\omega_2^2}{2} + E_{12} \cdot q = \bar{F}_{12} \cdot q \cdot d$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

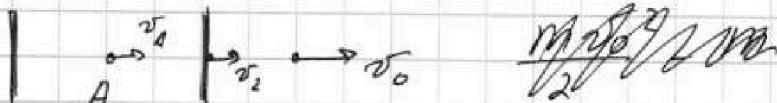
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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

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

(3)



$$-\frac{m v_2^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2} = |\bar{E}_{23}| \cdot g \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2} = |\bar{E}_{12}| \cdot g \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + |\bar{E}_{12}| \cdot g \cdot \frac{d}{4} = -|\bar{E}_{23}| \cdot g \cdot \frac{d}{4} + \frac{m v_0^2}{2} + |\bar{E}_{12}| \cdot g \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{U}{d} g \cdot \frac{d}{4} + \frac{m v_0^2}{2} - \frac{94}{d} \cdot g \cdot \frac{d}{4}$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{Uq}{4L} + \frac{m v_0^2}{2} - Uq \quad *$$

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

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.

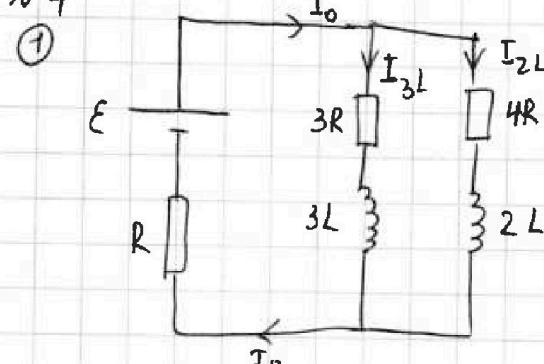
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

N4



I_{2L} - токи через соотв.

I_{3L} - катушки

$$\left\{ \begin{array}{l} E = 3R \cdot I_{3L} + I_0 R \\ E = 4R \cdot I_{2L} + I_0 R \\ I_0 = I_{3L} + I_{2L} \end{array} \right.$$

\Leftrightarrow

$$\left\{ \begin{array}{l} E = 3R \cdot I_{3L} + L \cdot \frac{dI_{3L}}{dt} + I_0 R \\ E = 4R \cdot I_{2L} + L \cdot \frac{dI_{2L}}{dt} + I_0 R \\ I_0 = I_{3L} + I_{2L} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E = 3R \cdot I_{3L} + I_0 R \\ E = 4R \cdot I_{2L} + I_0 R \end{array} \right. \rightarrow \cancel{E} \quad I_{3L} = \frac{E - I_0 R}{3R}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E = 3R \cdot I_{3L} + I_0 R \\ E = 4R \cdot I_{2L} + I_0 R \end{array} \right. \rightarrow E = 4R \cdot I_0 - 4R I_{3L} + I_0 R$$

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

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

$$7E = 19I_0 R$$

НЕЗАДАЧА ВРЕМЯ ДЛЯ

$$\text{РЕШЕНИЯ} \quad \frac{E}{19R} = I_0 \Rightarrow I_{3L} = \frac{E - \frac{7}{19} \frac{E}{R} \cdot R}{3R} = \cancel{\frac{12}{19} \frac{E}{R}}$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

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

МФТИ



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

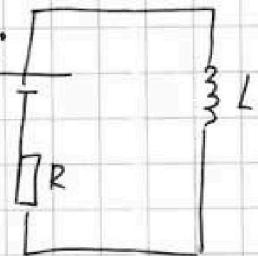
\Rightarrow сразу после замыкания ключа ток через L
равен $I_{L1} = 0$ ($L \cdot 0 = L \cdot I_{L1}$)
ток до замык.

Следовательно, ток через R сразу после замыкания

$$\text{тот же } I_0 = \frac{7}{19} \frac{\varepsilon}{R}$$

правило курснера

для контура



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

скорость возрастаания
тока в L

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

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

точнее $E - L \cdot \frac{dI_{L1}}{dt} = RI_0$, просто $(-L \frac{dI_{L1}}{dt})$ было
переписано вправо

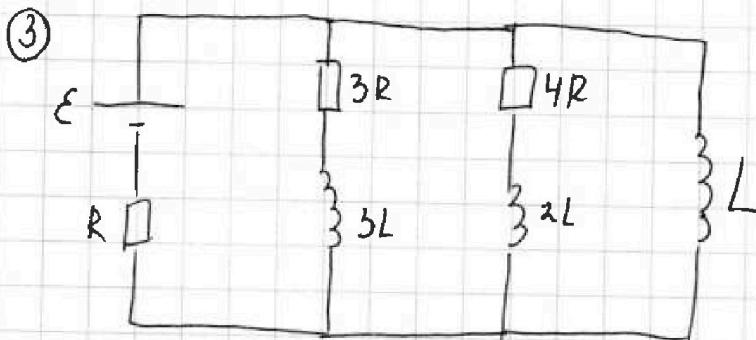
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



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

Запишем правило Кирхгофа для узла

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

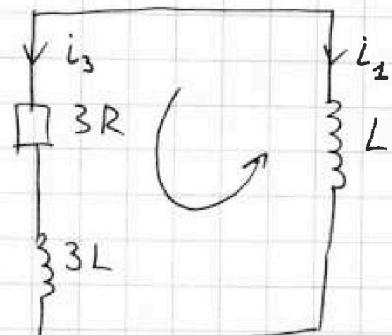
$$i_3 dt \cdot 3R = -3L di_3 + L di_1$$

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

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

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

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



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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



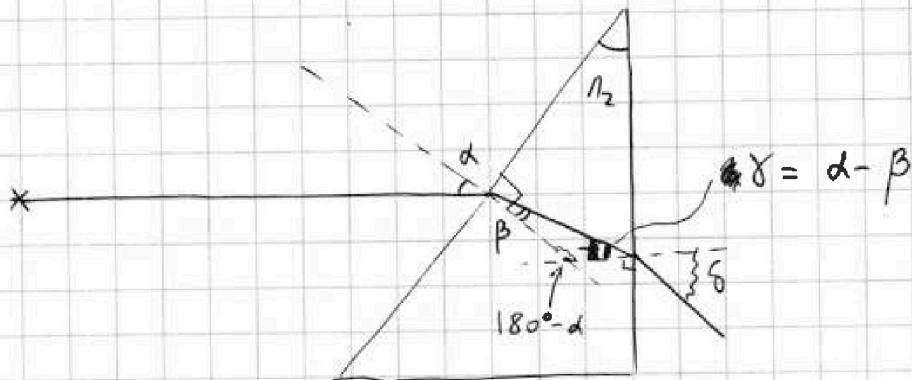
- 1 2 3 4 5 6 7

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. $n_1 = n_B$, то наименее первой призмы
никак не влияет на распространение лучей



Закон Снеллиуса:

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

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

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

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

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

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

$$\delta = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07$$
 ~~рад~~

$$\delta = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07$$
 ~~рад~~



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

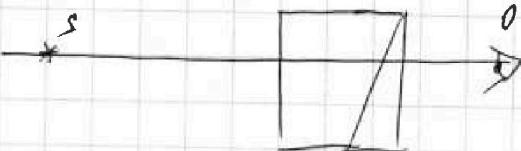
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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

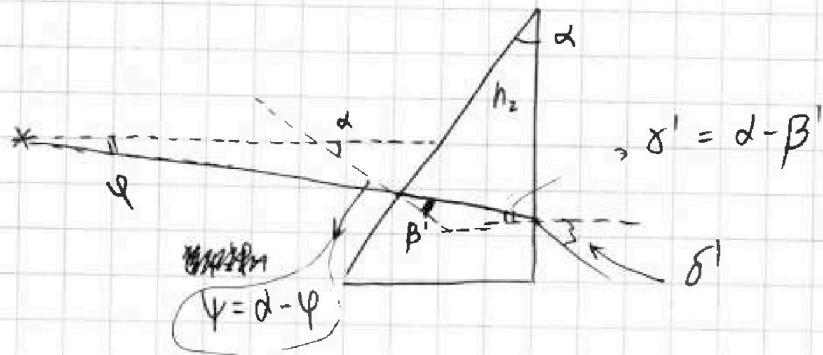
② Пусть луч рассмотрим ход луча, вышедшего
из источника под малым углом ψ .

Т.к. источник лежит на
оси SO , то его изображение



точка будет формироваться на

этот оси. $n_1 = n_2 = 1 \Rightarrow$ аналогично ①



З-Н Снеллиуса: $\sin \psi \cdot n_1 = \sin \beta \cdot n_2 \Rightarrow \psi \cdot n_1 = \beta \cdot n_2$

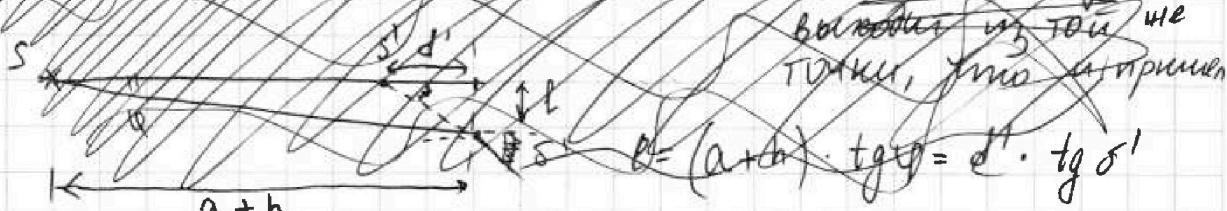
$$\sin \delta' \cdot n_2 = \sin \delta' \cdot n_1 \Rightarrow \delta' \cdot n_2 = \delta' \cdot n_1$$

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

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

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

~~Также получим приближенное выражение для отклонения луча~~



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

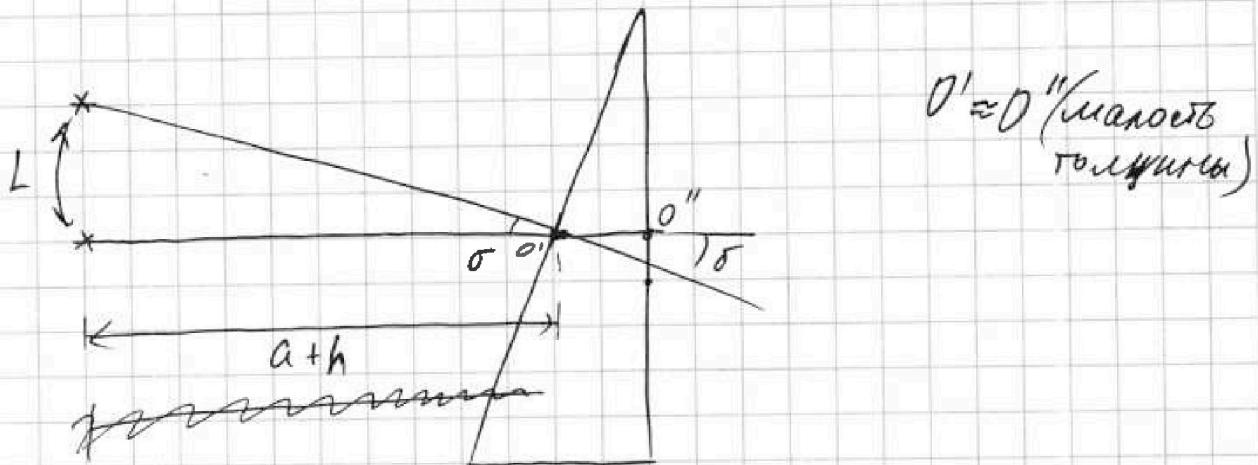


- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

МФТИ

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

$$\begin{aligned} & (a+h) \cdot \delta' = d' \cdot \delta' \\ & L = (a+h) - d' = (a+h) - (a+h) \cdot \psi = (a+h) \left(1 - \frac{\psi}{\delta'} \right) = \\ & L = (a+h) \left(\frac{\delta' - \psi}{\delta'} \right) = (a+h) \left(\frac{\alpha \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1} + \psi - \psi}{\alpha \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1}} \right) \end{aligned}$$



$\delta' \approx \delta$ ("малость
голоты")

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

③ при изм. n , можно представить как
нископараллельную пластинку и треуг. призму

$$n_1 = n_1 + n_2$$

нископараллельная
пластинка не
меняет ход
лучей



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

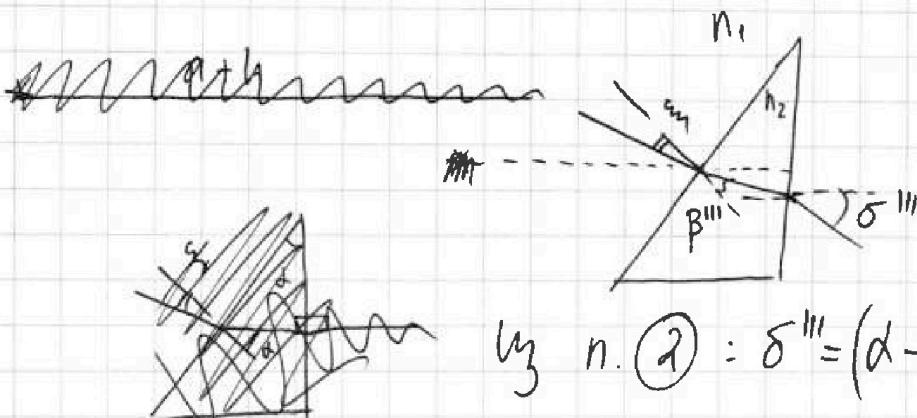
$$\sin \alpha \cdot n_1 = \sin \beta \cdot n_2$$

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



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

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



$$\text{by } n. \quad \Delta \beta = (\alpha - \beta) \cdot \frac{n_2}{n_1} =$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

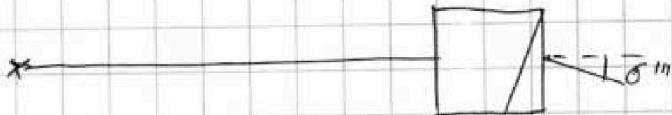


- 1 2 3 4 5 6 7

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

МФТИ

по пункту ②:



$$L_2 = (a+h) \cdot \tan \delta''' = (a+h) \cdot \delta'''$$

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

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

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

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

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

$$L_2 = 11,856 \text{ см}$$

Ответ: 1) $\delta = 0,07 \text{ рад}$

2) $L = 7,28 \text{ см}$

3) $L_2 = 11,856 \text{ см}$



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

МФТИ

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

№1

• ① $a = \frac{d\omega}{dt} \Rightarrow$ в начале разгона ускорение
равно угловому котр. наклона графика

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

+ 25
24

$$\text{② } m\ddot{\omega} = F_{\text{тр,нн}}$$

$$-\frac{600}{100} \frac{1/25}{1/4} \frac{10\omega_0}{60\omega_0} = 10 \text{ м/с}$$

$$m \frac{d\omega}{dt} = F_{\text{тр,нн}} \cdot dt$$

$$600 \frac{1/25}{1/4} = 25 \text{ м/с}$$

$$m \cdot d\omega = F_{\text{тр,нн}} \cdot dt$$

$$1500 \cdot \frac{20}{21} t = 75$$

$$m \cdot (\omega_k - \omega_0) = (F_k - F_0) \cdot \left(\frac{t}{75} - 0 \right)$$

$$m \cdot \frac{\omega_k - \omega_0}{t} = F_k - F_0$$

30000

$$F_0 = F_k - m \cdot \frac{\omega_k - \omega_0}{t}$$

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

$$F_0 = 300 \text{ Н}$$

- 10000 / 7

③

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

- 30
- 28
- 20
- 14

1928,

~~$$P = \frac{d\omega}{dt} m \cdot d\omega$$~~

- 60
56
40

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

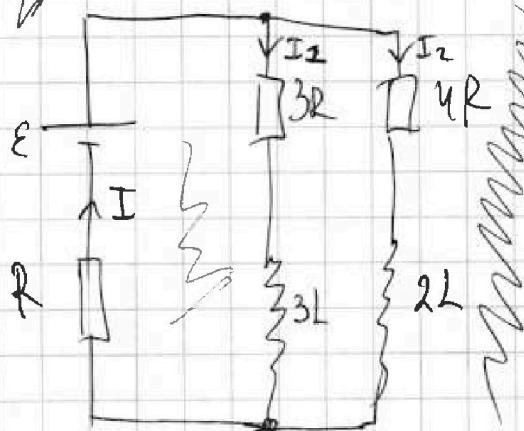
МФТИ

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

Чертеж

Чертеж

1



$$-\frac{10000}{\frac{21}{30}} \frac{7}{1428}$$

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

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

$$\mathcal{E} = 3R \cdot I_1 + R \cdot I$$

$$\mathcal{E} = 4R \cdot (I_2 I_1) + R \cdot I$$

$$\text{Сразу после замкн.: } \rightarrow I_2 = 0 \Rightarrow 3I$$

$$\begin{aligned} f_T &= f_T \\ (1668 + \frac{4}{3}) \cdot 10 &= 16680 + \frac{40}{3} \\ \mathcal{E} &= 16680 + 5333 \\ &= 2 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-9} \end{aligned}$$

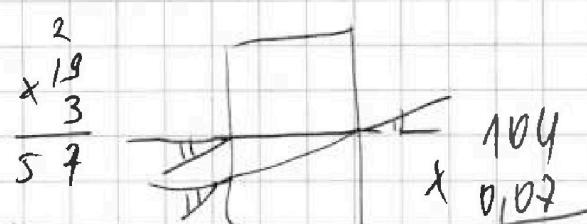
$$D \rightarrow \frac{\mathcal{E}}{2}$$

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

$$3R \cdot \frac{dI_3}{dt} = -3L \frac{dI_3}{dt} + L \frac{dI_1}{dt}$$

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

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= F \cdot x \\ \frac{dP}{dt} &= F \cdot \frac{dx}{dt} = F \cdot v \\ \frac{dP}{dt} &= m \frac{dv}{dt} \\ P &= m \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &\times 104 \\ &\times 0,07 \\ &7,28 \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

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

