



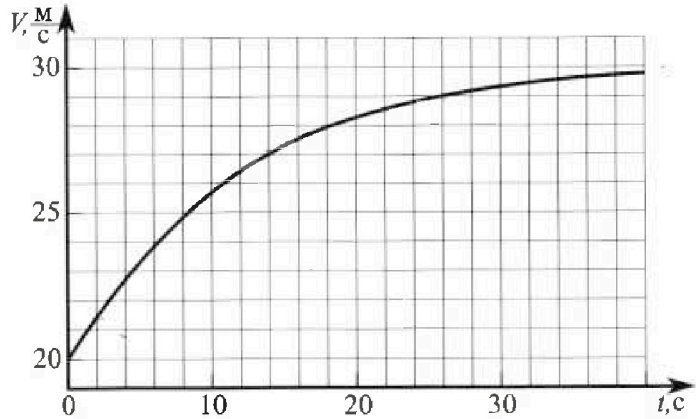
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 240$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 200$  Н.



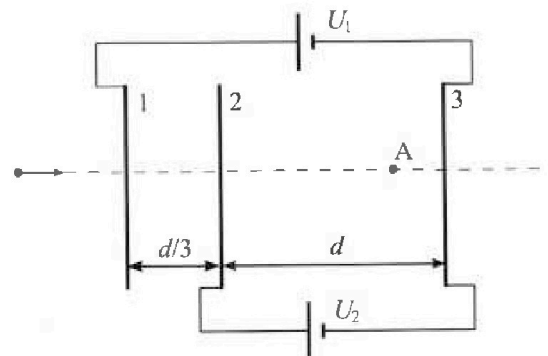
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?  
Требуемая точность в численном ответе на первый вопрос 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  $3V/8$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/8$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·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  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 5U$  и  $U_2 = U$ . 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 2 и 3.
- Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-04

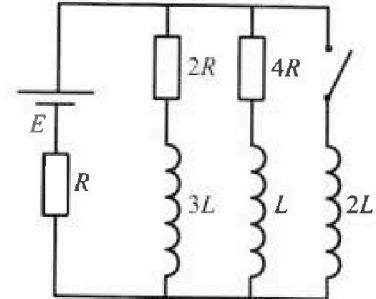
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



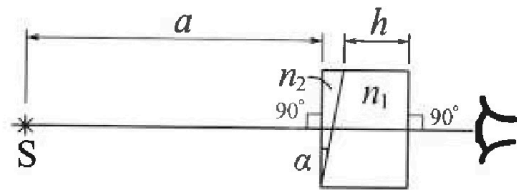
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $4R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $2L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $4R$  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  $a = 100$  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  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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!

Дано.

$$m = 240 \text{ кг}$$
$$F_k = 200 \text{ Н}$$

- 1)  $a = ?$
- 2)  $F_{\text{comp}} = ?$
- 3)  $\eta = ?$

$$\textcircled{1} a = \frac{21,5 - 20}{2} = \frac{3}{4} \text{ м/с}^2 = \textcircled{0,75 \text{ м/с}^2}$$

Необходимо выбрать как можно более малый интервал для точности вычисления

$$\textcircled{2} ma = F_k - F_{\text{comp}}$$

В конце разгона

$$F_{\text{max}} = F_{\text{comp}} = F_k$$

$F_{\text{max}}$  по условию - const.

$$ma = F_k - F_{\text{comp}}$$
$$F_{\text{comp}} = F_k - ma$$

$$F_{\text{comp}} = 200 \text{ Н} - 240 \cdot \frac{3}{4} = 20 \text{ Н}$$

$\textcircled{3}$

$$\textcircled{2} \text{ В конце разгона: } F_{\text{comp}} = \frac{N}{v_k}$$

$$\text{В начале разгона: } ma = \frac{N}{v_i} - F_{\text{comp}}$$

$$ma = \frac{F_k \cdot v_k}{v_i} - F_{\text{comp}}$$

$$F_{\text{comp}} = \frac{200 \cdot 30}{20} - \frac{3}{4} \cdot 240 = \textcircled{120 \text{ Н}}$$

$\textcircled{3}$

$$\eta = \frac{F_{\text{comp}} \cdot v_i - N}{N} = \frac{1}{v_i} = \frac{1}{v_k}$$

$$\eta = \frac{F_{\text{comp}} \cdot v_i}{F_k \cdot v_k} = \frac{120 \cdot 20}{200 \cdot 30} = \frac{24}{60} = \frac{4}{10} = \textcircled{0,4}$$

Ответ:  $a = 0,75 \text{ м/с}^2$ ;  $F_{\text{comp}} = 120 \text{ Н}$ ;  $\eta = 0,4$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

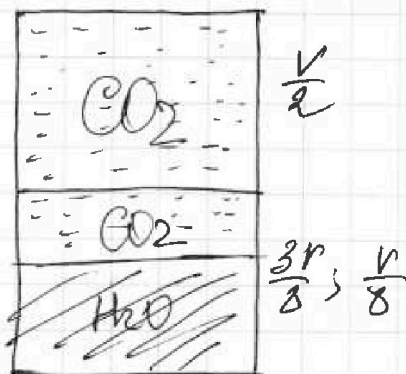
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

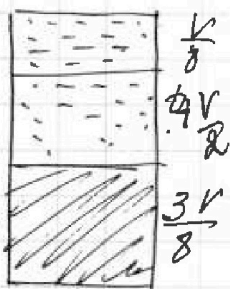


Дано  
 $V_1 \frac{3V}{8}$   
 $T_2 = \frac{4V}{8} = 373K$   
 $\frac{V}{8}$   
 1)  $\frac{p_1}{p_2} = ?$  2)  $p_0 = ?$



1)  $p_2 \frac{V}{8} = \nu_1 RT_0$   
 $p \frac{V}{8} = \nu_2 RT_0 \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = 4$

2)  $DV = k p \cdot \omega$      $\omega = \frac{3V}{8}$      $DV = 0,6 p \cdot \frac{3V}{8}$



~~$p \frac{V}{8} = \nu RT$~~   
 $p \frac{V}{8} = (\nu_2 - \nu_2 + \nu_2) RT$

В процессе будет происходить растворение CO<sub>2</sub> и образование насыщенного пара с давлением p<sub>пар</sub>.

$p \frac{V}{8} = \nu_1 R \cdot \frac{4}{3} T_0$

$\nu_2 = 0,6 p \cdot \frac{3V}{8}$   
 $p_2 \frac{V}{8} = \frac{0,6 p \cdot 3V}{8} RT$

~~$p \frac{V}{8} = p \frac{V}{8} + p \frac{V}{8} (\nu_2 - \nu_2 + \nu_2) R \cdot \frac{4}{3} T_0$~~

$p_1 = p_{\text{пар}} + p_2$

C. CO<sub>2</sub>

$p dV = \nu_1 dRT + \nu_2 dRT - \nu_2 dRT - \nu_2 dRT \approx 0$   
 $p dV = \nu_1 dRT + \nu_2 dRT$   
 $p dV = \nu_1 dRT + \nu_2 dRT$   
 $p dV = \nu_1 dRT + \nu_2 dRT$   
 $p dV = \nu_1 dRT + \nu_2 dRT$   
 $p dV = \nu_1 dRT + \nu_2 dRT$

$p dV = \nu_1 dRT + \nu_2 dRT$   
 $p dV + \frac{9}{40} p V = \nu_1 dRT$

$\frac{9}{40} p V = \nu_2 R \cdot \frac{1}{3} T_0$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input 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!

$$\begin{cases} p_1 \frac{V}{8} = 2RT_0 \cdot \frac{4}{3} \\ p \frac{V}{2} = 2RT_0 \end{cases}$$

$$\frac{p_1}{4p} = \frac{4}{3} \quad p_1 = \frac{16p}{3}$$

$$\begin{cases} \frac{pV}{8} = 2RT_0 \\ \frac{9}{40} p_2 V = \frac{1}{3} 2RT_0 \end{cases}$$

$$\frac{40}{72} \frac{p}{p_2} = 3$$

$$\frac{5p}{9p_2} = 3; \quad 27p_2 = 5p \quad p_2 = \frac{5}{27}p$$

$$9) \quad p_1 - p_2 = p_{\text{атм}}$$

$$\frac{16}{3}p - \frac{5}{27}p = p_{\text{атм}}$$

$$\frac{139}{27}p = p_{\text{атм}}$$

$$p = \frac{27}{139} p_{\text{атм}}$$

$$\text{Ответ: } \frac{p_1}{p_2} = 4; \quad p = \frac{27}{139} p_{\text{атм}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

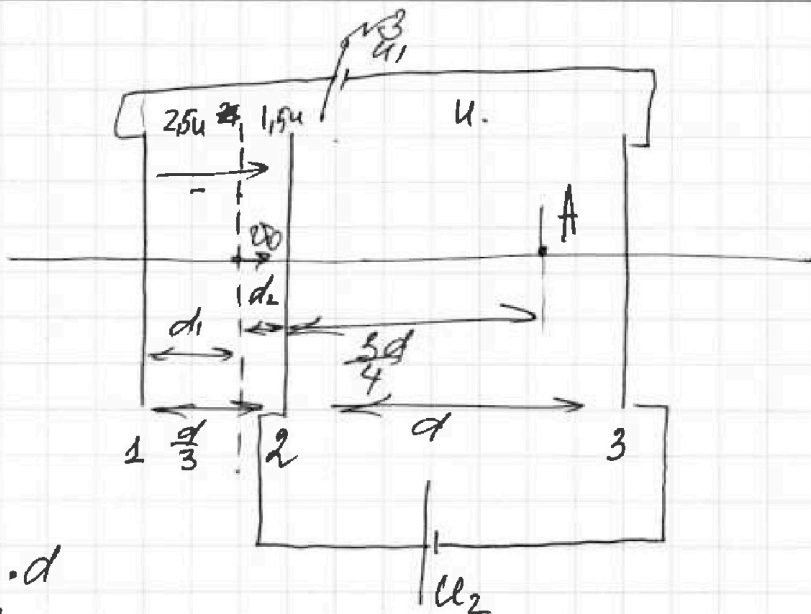
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Дано  
 $U_1 = 5U$   
 $U_2 = U$   
 $d_1, \frac{d}{3}$   
 $q, m$   
 $v_0$   
 1)  $a = ?$   
 2)  $k_3 - k_2 = ?$   
 3)  $\varphi = ?$



①  $U_2 = E \cdot d$

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

$ma = \frac{Uq}{d}$

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

② Пусть при заходе частица имеет скорость  $v_1$

$k_2 - \frac{mv_1^2}{2} = q \cdot 4U$

$k_3 - \frac{mv_0^2}{2} = q \cdot 5U$

$k_3 - k_2 = qU$

③ Пусть вращаем обозначим точка выхода на-  
 проекцией. на ней  $\varphi = \varphi_{\infty}$ ,  $v = v_{\infty} = v_0$

$\left. \begin{aligned} 2.5U &= Ed_1 \\ 1.5U &= Ed_2 \end{aligned} \right\} \frac{d_1}{d_2} = \frac{5}{3} \quad d_1 = \frac{5d_2}{3}$

$\frac{d}{3} = d_2 + \frac{5d_2}{3} \Rightarrow \frac{d}{3} = \frac{8d_2}{3} \quad d_2 = \frac{d}{8}$

~~$E \cdot \frac{d}{8} = 1.5U$   
 $E \cdot \frac{d}{3} = 2.5U$~~

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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



$$\begin{cases} 2,5U = E_1 d_1 \\ 1,5U = E_1 d_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{5}{3} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow d_1 = \frac{5d_2}{3}$$

$$\frac{d}{3} = \frac{8d_2}{3} \quad d_2 = \frac{d}{8}$$

$$\begin{cases} E \left( \frac{d}{8} + d \right) = 2,5U \\ E \left( \frac{d}{8} + \frac{3d}{4} \right) = U_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{9E}{8} d = 2,5U \\ \frac{7E}{8} d = U_1 \end{cases} \quad \frac{9}{7} = \frac{5U}{2U_1} \quad U_1 = \frac{35}{14} U$$

$$3CЭ: -\frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = q \frac{35}{18} U$$

$$mv_0^2 - \frac{35}{9} qU = mv^2 + qU \frac{35}{9} = mv^2$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{35qU}{9m}}$$

$$\text{Ответ: } a = \frac{4q}{md}; \quad k_3 - k_2 = q \cdot U; \quad v = \sqrt{v_0^2 + \frac{35qU}{9m}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

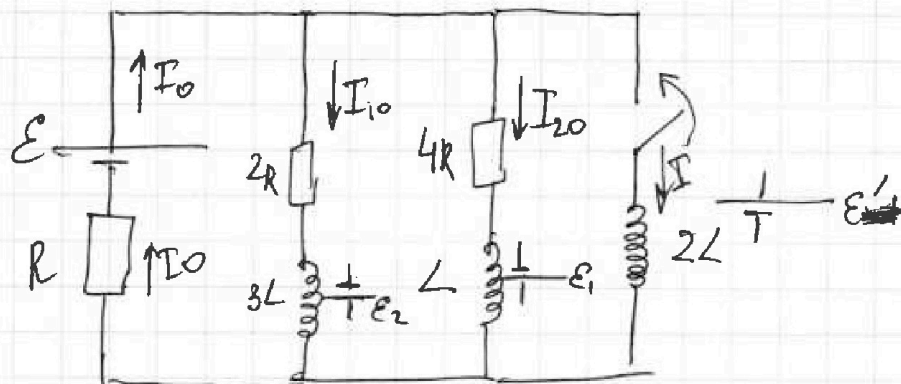


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано

$\mathcal{E}, R, L,$   
 $2R, 3L, 2L,$   
 $4R$

- 1)  $I_{20} - ?$
- 2)  $\frac{dI}{dt} - ?$
- 3)  $q - ?$



1)  $\Rightarrow$  замкнутый ключ  $\mathcal{E}'$  и катушка  $2L$  в катушке  $2L$   $\Rightarrow$  она работает, как провод.

3-й Ома:  $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{2R \cdot 4R}{2R + 4R}} = \frac{3\mathcal{E}}{7R}$

3-й Ома:  $2R \cdot I_{10} = 4R \cdot I_{20} \Rightarrow I_{10} = 2I_{20}$

$I_0 = I_{10} + I_{20} \Rightarrow I_0 = 3I_{20} \Rightarrow I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$

2) Ток в цепи сразу после замкнутого ключа не изменяется

3-й Ома:  $I_0 R - \mathcal{E} + \mathcal{E}' = 0$

$2L \frac{dI}{dt} = \mathcal{E} - \frac{3}{7}\mathcal{E}$

$\frac{dI}{dt} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}$

3) Если ключ замкнуть, то ток через  $2R$  и  $3L$  уменьшается, через  $4R$  и  $L$  — увеличивается, через  $2L$  — увеличивается

3-й Ома:  $-\mathcal{E}' + I_{4R} \cdot 4R - \mathcal{E}_1 = 0$

$I_{4R} \cdot 4R = 2L \frac{dI}{dt} + L \frac{dI_1}{dt}$

$4R \int dq = 2L \int dI + L \int dI_1$

$4Rq = \frac{2L\mathcal{E}}{R} + \frac{\mathcal{E}L}{7R} \Rightarrow q \cdot 4R = \frac{15\mathcal{E}L}{7R}$



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!

$$q_3 = \frac{15\mathcal{E}L}{28R^2}$$

$$\text{Answer: } I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R} \quad ; \quad \frac{dI}{dt} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}; \quad q = \frac{15\mathcal{E}L}{28R^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

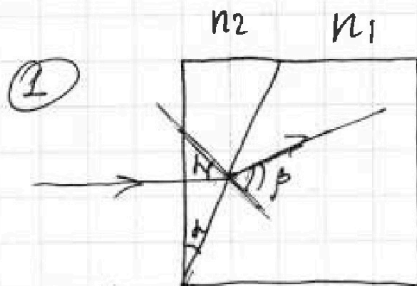


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано

$n_1, n_2, n_3 = 1, 0$   
 $a = 100 \text{ см}$   
 $h = 14 \text{ см}$   
 $d = 0,1 \text{ рад}$

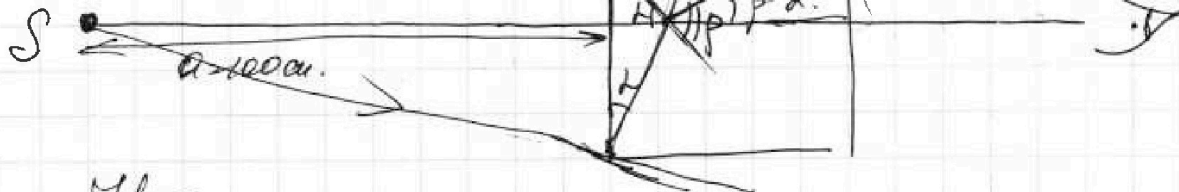
1)  $\beta$  - ?  
 2)  $\delta$  - ? 3)  $\delta$  - ?



~~$n_2 \cdot \sin \alpha = n_1 \cdot \sin \beta$~~   $n_2 \cdot \sin \alpha = n_1 \cdot \sin \beta$   
 $n_2 \cdot d = n_1 \cdot \beta$   
 $\beta = \frac{n_2 \cdot d}{n_1} = 1,7 \cdot 0,1 = 0,17 \text{ рад.}$

$\Delta \beta = \beta - d = 0,07 \text{ рад}$   
~~Смещение  $\Delta \beta = 0,07 \text{ рад}$~~

②



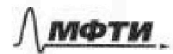
Наблюдатель будет видеть изображение на расстоянии  $L_2 \approx a \approx 100 \text{ см}$

③

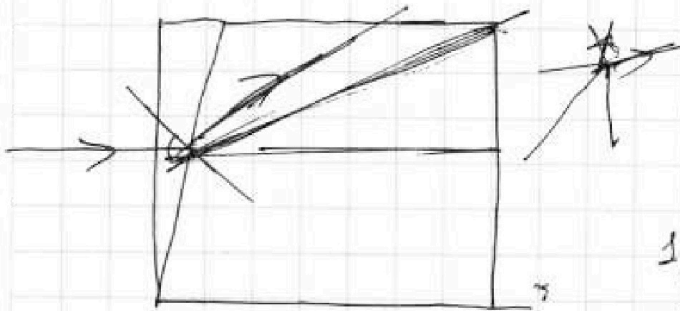
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$n_2 d = n_1 \beta$$
$$1,59 \mu \beta = \frac{1,7 \cdot 0,1}{4,4} = \frac{17}{44}$$
$$2,59 \mu \int \underline{15}$$



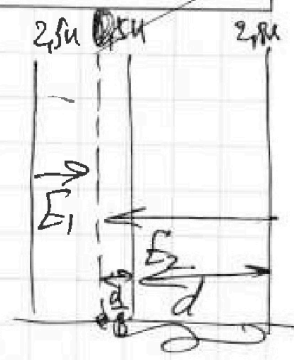
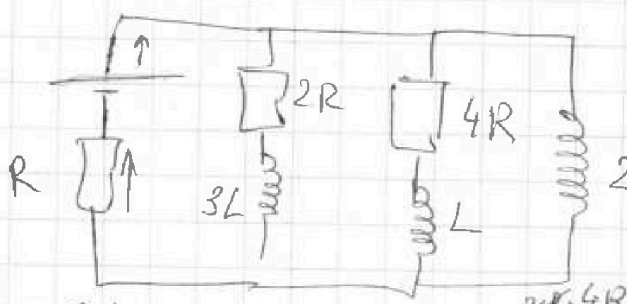
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



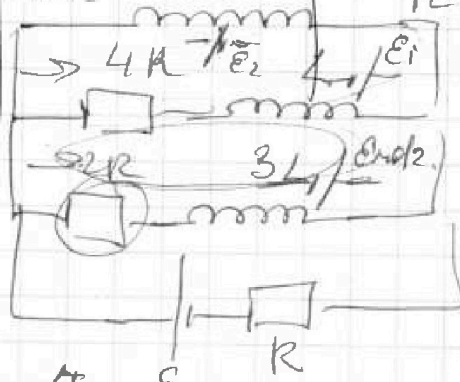
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$2.5U = Ed_1$   
 $1.5U = Ed_2$   
 $E + U_2 = 0$   
 $U_2 = \frac{4}{7}E$   
 $d_1 = \frac{5d}{3}$   
 $d_2 = \frac{3d}{8}$   
 $dh = \frac{d}{8}$

$2.5E_1 d = 2.5U$   
 $2.5E_1 d = 2.5U$

$\frac{2R \cdot 4R}{6R} = \frac{4}{3} R$   
 $I_1 = \frac{3E}{7R}$

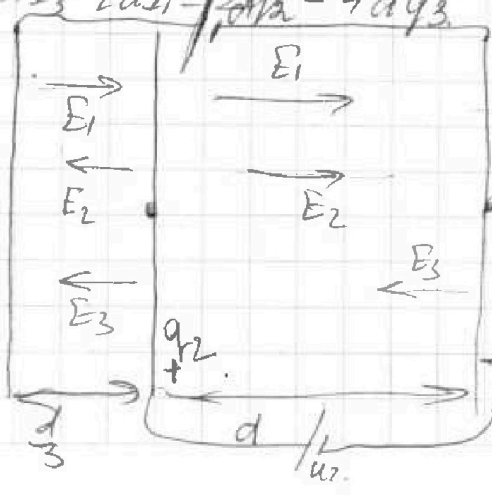


$\frac{dI}{dt} = \frac{4E}{7L}$   
 $\frac{dI}{dt} = \frac{2E}{7L}$   
 $2L \frac{dI_1}{dt} + L \frac{dI_2}{dt} = 4IR$   
 $2L dI_1 + L dI_2 = 4IR dt$   
 $2L dI_1 + L dI_2 = 4dq$

$\frac{PR}{R} = \frac{4IR}{R} + L \frac{dI_1}{dt} + 3L \frac{dI_2}{dt} - 2I_2 R = 0$

$P_1 \cdot \frac{V}{8} = \frac{3L dI_2}{dt} - L \frac{dI_1}{dt} = 2I_2 R - 4I_1 R$

$\frac{4P}{P_1} = \frac{3}{4}$   
 $\frac{P}{P_1} = \frac{3}{16} q_1$   
 $\frac{P}{P_1} = \frac{16P}{3}$



$F = qE$   
 $U = Ed$   
 $E = \frac{4}{7}$   
 $-q_1 \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} \frac{d}{3} + \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} \cdot d + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S}$

$\frac{1}{3} + \frac{3}{4} = \frac{7}{8}$



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!



$\lambda = \text{const}$

$v(t) = \frac{F_{\text{max}} \sin(\omega t)}{m}$

$ma = F_{\text{max}} - F_{\text{comp}}$

$F_{\text{max}} = F_{\text{comp}}$   $F_{\text{max}} = 200 \text{ Н}$

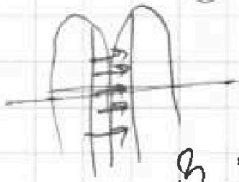
$ma = Eq$

$ma = \frac{Uq}{d}$

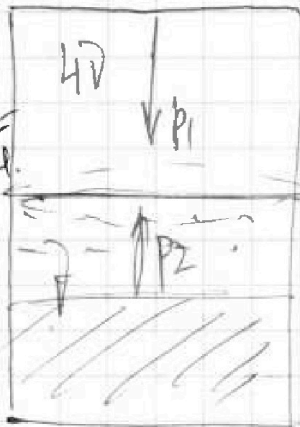
$a = \frac{U_2 q}{md}$

$U = Ed$

$ma = \frac{Uq}{F_{\text{comp}} \cdot d}$



$\frac{3}{4} \cdot 240 = 180 \text{ Н}$



$\frac{v}{2} > \frac{v}{2}$

$\rho_1 \cdot \frac{v}{2} = \rho_2 \cdot \frac{v}{2}$

$\varphi_1 - \varphi_3 = \varphi_1$   
 $\varphi_2 - \varphi_3 = \varphi_2$

$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_1 - \varphi_2$

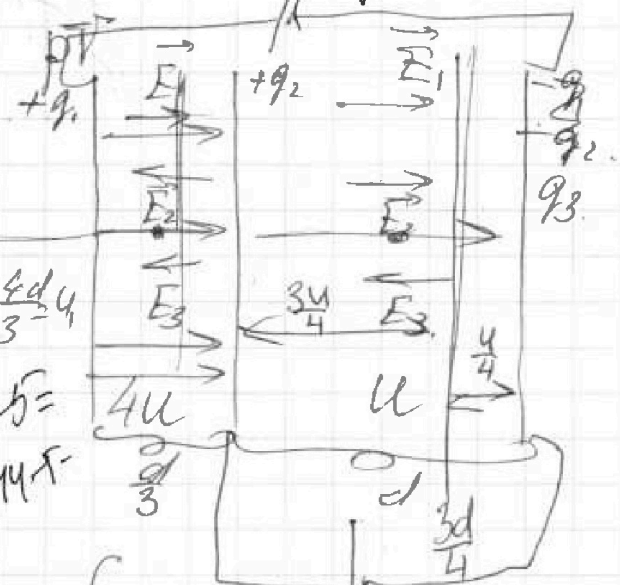
$\Delta V = \rho v$   
 $\Delta V = 0,6 \rho v$

$\frac{3v}{8} = \frac{v}{8}$

$\frac{D}{D_2} = 4$

$\varphi_1, \rho v_1 = \rho v_2$

$\Delta V = 0,6 \rho v$   
 $\Delta V = 0,6 \frac{\rho R I}{v}$   
 $\frac{\Delta V}{v} = 0,6 \frac{R I}{v}$



$\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{4d}{3} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{2d}{3} = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{4d}{3}$   
 $\frac{2q_1 d}{3\epsilon_0 S} + \frac{q_2 d}{3\epsilon_0 S} = \frac{2q_3 d}{3\epsilon_0 S} = 4, 90 + 54 = 144 \text{ нКл}$

$\begin{cases} 2q_1 + q_2 - 2q_3 = 3\epsilon_0 S U_1 \\ q_1 + q_2 + q_3 = 0 \\ \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} d + \frac{q_2 d}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3 d}{2\epsilon_0 S} = U_2 \end{cases}$

$\begin{cases} 2q_1 + q_2 - 2q_3 = \frac{3\epsilon_0 S U_1}{d} \\ q_1 + q_2 + q_3 = 0 \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2\epsilon_0 S U_2}{d} \end{cases}$

$2q_3 = -\frac{2\epsilon_0 S U_2}{d}$

$q_3 = -\frac{\epsilon_0 S U_2}{d}$

