



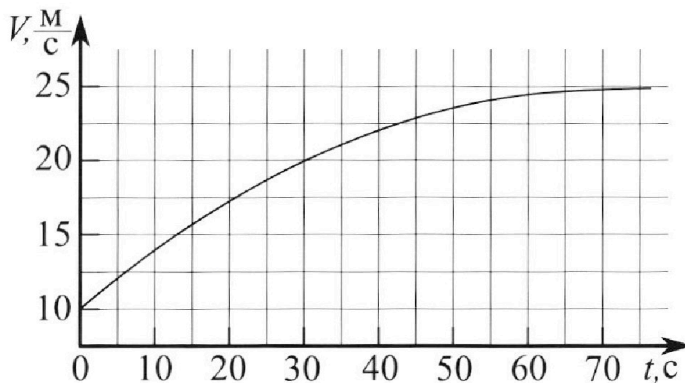
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01



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

1. Автомобиль массой  $m = 1800$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



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

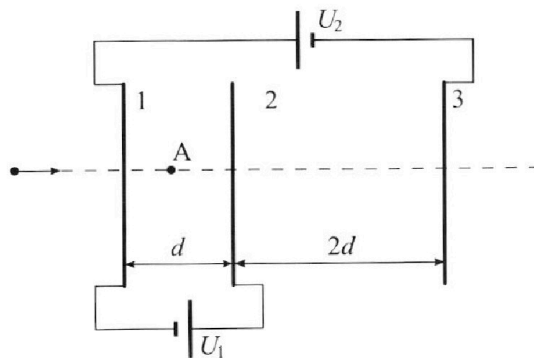
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  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  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  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.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите начальное давление в сосуде  $P_0$ . Ответ выразить через  $P_{\text{атм}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 4U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $v_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.



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

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

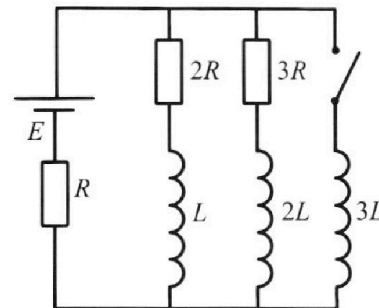
Вариант 11-01

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

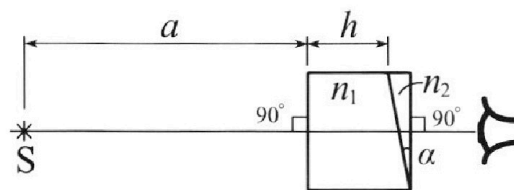
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

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

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



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



1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.

3) Считая  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



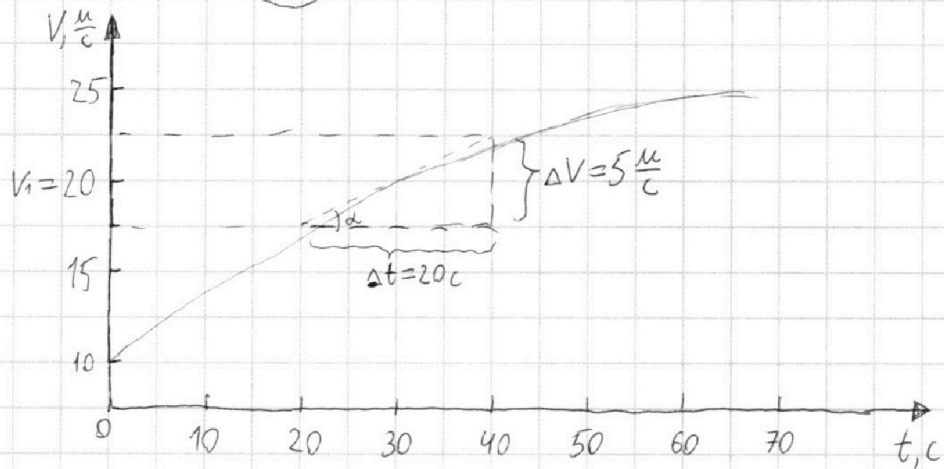
(№1)

$m = 1800 \text{ кг}$

$F_k = 500 \text{ Н}$

$F_{\text{сопр}} \sim v$   
(сила сопротивления ~ скорости)

( $a$  при  $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ )  $a_1 = ?$



$F_1 = ?$  (при  $v_1$ )

$P_1 = ?$  (при  $v_1$ )

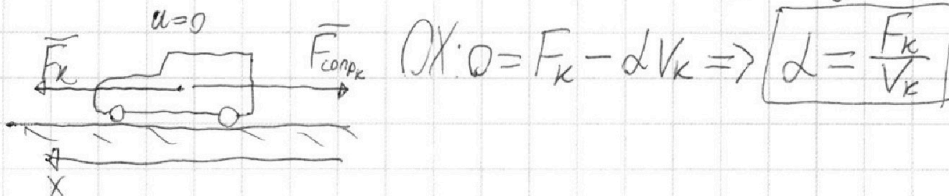
1) Проводим касательную в точке, где  $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Касательная лежит под углом  $\alpha$  к оси  $t$ . Угловой коэффициент касательной, — это  $\text{tg } \alpha$ . Производная касательной — это угловой коэффициент, т.е.  $\text{tg } \alpha$ . Производная точки с  $v_1$  — это производная касательной  $\Rightarrow$

$\Rightarrow a_1 = \text{tg } \alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} \approx \frac{5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \text{ с}} \approx 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

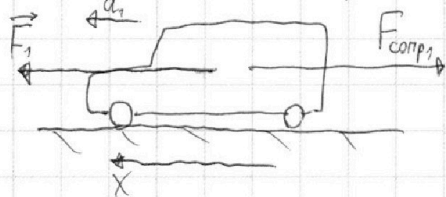
2) Пусть  $v_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  (конечная скорость автомобиля).

Пусть  $F_{\text{сопр}} = dV$ , где  $d$  — коэффициент пропорциональности между  $V$  и  $F_{\text{сопр}}$ .

В конечной состоянии  $a_k = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .



В моменте, когда  $v_1$ .



$0x: ma_1 = F_1 - dV_1 = F_1 - \frac{F_k}{v_k} \cdot v_1$

$F_1 = ma_1 + \frac{F_k \cdot v_1}{v_k} = 1800 \text{ кг} \cdot 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 500 \text{ Н} \cdot \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

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

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

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

$$2) F_1 = ma_1 + F_k \cdot \frac{V_1}{V_k} = 950 \text{ Н}$$

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



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**

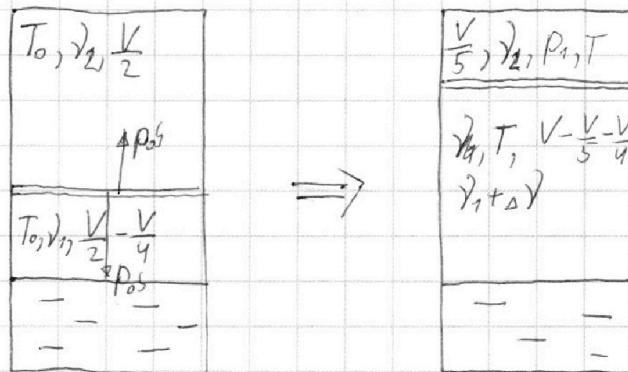
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



поршень невесомый, теплопроводящий, сначала делит  $V$  пополам.

гр. газ - верх  
гр. газ и вода - вниз  
 $T_0 \rightarrow T = \frac{5T_0}{4} = 373K$

жидкость:  $V_x = \frac{V}{4}$



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

$$p_0 = ?$$

Пусть  $\gamma_1$  - кол-во газа вверху в начале

$\gamma_2$  - кол-во газа внизу в начале.

По закону Менделеева-Клапейрона:

$$(1) p_0 \cdot \frac{V}{2} = \gamma_2 R T_0$$

$$(2) p_0 \cdot \frac{V}{4} = \gamma_1 R T_0 \Rightarrow \left( \frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{4}{2} = 2 \right)$$

По закону Генри,  $\alpha$  углекислого газа растворено:  
 $\Delta \gamma = k p_0 \cdot \frac{V}{4}$ . Да при достижении  $T$  весь углекислый газ будет в газообразном состоянии.

По закону Клапейрона для верхней части:

$$\frac{p_0 \cdot \frac{V}{2}}{T_0} = \frac{p_1 \cdot \frac{V}{5}}{T} = \frac{p_1 \cdot \frac{V}{5} \cdot 4}{5T_0} = \frac{4p_1 V}{25T_0} \Rightarrow \left( p_1 = \frac{25}{8} p_0 \right) - \text{конечное давление } p_1 \text{ при } T.$$

Давление водяных паров при  $T$   $p_{\text{атм}} \Rightarrow$  в конечном состоянии давление углекислого газа в нижней части  $\frac{25}{8} p_0 - p_{\text{атм}}$ . По закону Менделеева-Клапейрона для него:

$$\left( \frac{25}{8} p_0 - p_{\text{атм}} \right) \left( V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} \right) = (\gamma_1 + \Delta \gamma) R T$$

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!

$$\kappa_{\text{г}} (2) \Rightarrow \nu_1 = \frac{p_0 V}{4RT_0}$$

$$\left(\frac{25}{8} p_0 - p_{\text{атм}}\right) \left(\frac{11}{20} V\right) = \left(\frac{p_0 V}{4RT_0} + \kappa p_0 \frac{V}{4}\right) RT$$

$$\frac{25 \cdot 11}{20 \cdot 8} p_0 - \frac{11}{20} p_{\text{атм}} = \frac{p_0 R \cdot \frac{5T_0}{4}}{4RT_0} + \frac{\kappa RT}{4} p_0 = \frac{5}{16} p_0 + \frac{\kappa RT}{4} p_0$$

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

$$p_0 \left(\frac{45}{32} - \frac{\kappa RT}{4}\right) = \frac{11}{20} p_{\text{атм}} \Rightarrow \boxed{p_0 = \frac{11 p_{\text{атм}}}{20 \left(\frac{45}{32} - \frac{\kappa RT}{4}\right)}}$$

$$p_0 = \frac{11}{20 \left(\frac{45}{32} - \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{4}\right)} = \frac{11 p_{\text{атм}}}{20 \left(\frac{45}{32} - \frac{8}{32}\right)} = \frac{11 \cdot 32 p_{\text{атм}}}{20 \cdot 37} = \frac{88}{185} p_{\text{атм}}$$

Ответ: 1)  $\frac{\nu_2}{\nu_1} = 2$

2)  $p_0 = \frac{11 p_{\text{атм}}}{20 \left(\frac{45}{32} - \frac{\kappa RT}{4}\right)} = \frac{88}{185} p_{\text{атм}}$

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!



$$U = \frac{-q_2 d}{\epsilon_0 S} \Rightarrow q_2 = \frac{-U \epsilon_0 S}{d}$$

Участок 2-3:  $U_2 + U_1 = 5U = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0 S} \cdot 2d = \frac{-U \epsilon_0 S + q_1}{\epsilon_0 S} \cdot 2d =$   
 $= 2U + \frac{q_1 \cdot 2d}{\epsilon_0 S}$

$$3U = \frac{2d \cdot q_1}{\epsilon_0 S} \Rightarrow q_1 = \frac{3U \epsilon_0 S}{2d} = \frac{3}{2} |q_2|$$

Скорость  $V_0$  у частицы только на бесконеч-  
ном расстоянии, где  $\varphi = 0$ , а также в  
Т. В, где  $\varphi = 0$  и  $|\varphi_1 - \varphi_2| = 2 \frac{U_2}{2} = 2U$  и  $|\varphi_3 - \varphi_2| = 2U$ .

$$2U = \frac{q_1}{\epsilon_0 S} x = U_1 + \frac{q_1 x}{\epsilon_0 S} \quad \frac{U_2}{2} = U_2 + U_1 - \frac{(q_1 + q_2)}{\epsilon_0 S} \cdot x$$

$$3U = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0 S} x = \frac{5}{2} \cdot \frac{U \epsilon_0 S}{d} \cdot x = \frac{5}{2} U \cdot \frac{x}{d} \Rightarrow x = \frac{6}{5} d$$

т.е., на расстоянии  $x = \frac{6}{5} d$ , скорость частицы  $V_0$ .  
Там находится точка В.  
Ищем

$$30 \text{ Э: } \frac{m V_A^2}{2} - E_{12} \cdot q \cdot \frac{2d}{3} + E_{23} \cdot q \cdot \frac{6}{5} d = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$\left. \begin{aligned} E_{12} \cdot d = U &\Rightarrow E_{12} = \frac{U}{d} \\ E_{23} \cdot 2d = 5U &\Rightarrow E_{23} = \frac{5U}{2d} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{m V_A^2}{2} - \frac{2}{3} U q + 3 U q = \frac{m V_0^2}{2}$$
$$\frac{m V_A^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} - \frac{7}{2} U q$$

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

Ответ: 1)  $a = \frac{qU}{md}$

2)  $K_1 - K_2 = -qU$

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

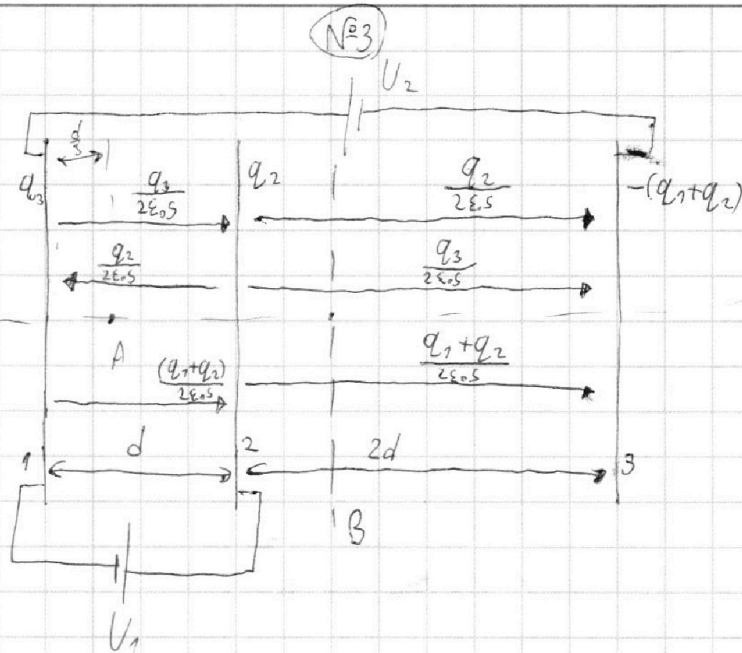
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$d, 2d,$   
 $U_1 = U,$   
 $U_2 = 4U,$   
 $m, q > 0,$   
 $V_0$   
 $K_{12} = ?$   
 $2) K_1 - K_2 = ?$   
 $3) V_A = ?$   
 (A как  $\frac{d}{3}$  от центра 1)



~~Пусть потенциал на сетке 3  $\varphi_3 = 0$ . Тогда  $\varphi_1 = \varphi_3 + U_2 = 4U$ .  $\varphi_2 = \varphi_1 + U_1 = 5U$~~

1)  $\Delta\varphi_{12} = U = E_{12} \cdot d = \frac{F}{q} \cdot d = \frac{ma}{q} \cdot d \Rightarrow a = \frac{qU}{md}$

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

3) Пусть  $q_1, q_2, q_3$  - заряды сеток 1, 2, 3 соответственно.

ЗСЗ:  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$ , Пусть  $q_3 < 0 \Rightarrow q_3 = -(q_1 + q_2)$

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

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

- 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!



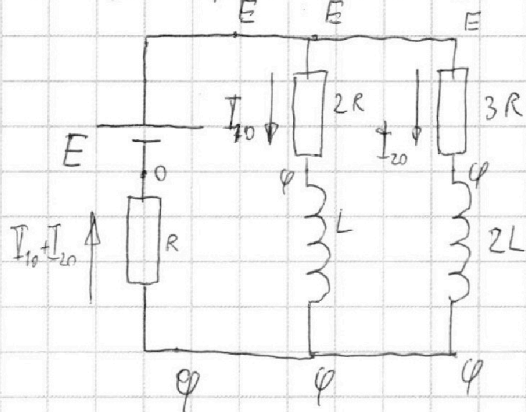
(№4)

1)  $I_{10} = ?$

В уст. режиме  $V_L = 0$  и  $V_{2L} = 0$ .

2)  $\dot{I} = ?$

3)  $q_1 = ?$



используем метод узловых потенциалов

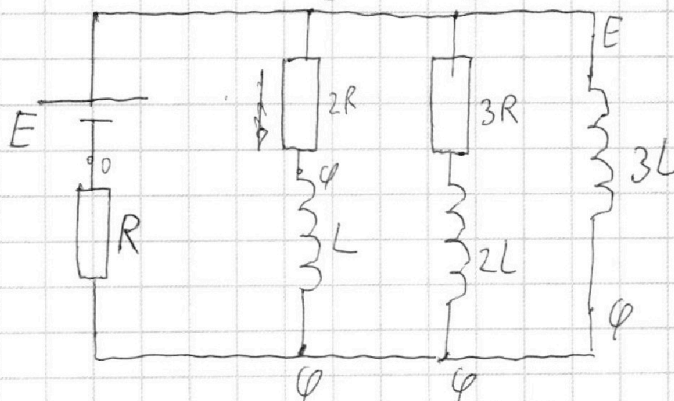
$$1) E - \varphi = I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R \Rightarrow I_{20} = \frac{2}{3} I_{10}$$

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

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

2)  $q_1$  сразу. Ток на катушке скачком не меняется.  $\Rightarrow I_{\text{общ}} = I_{10} + I_{20}$

метод узловых потенциалов



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

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

3) Рассмотрим участок цепи в произвольный момент времени:

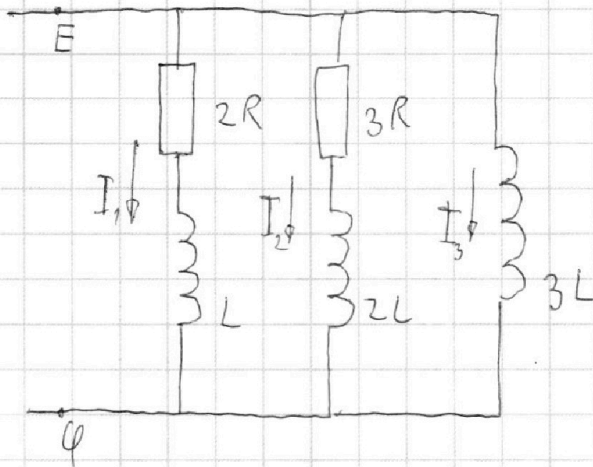
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

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

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

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

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

Просуммируем (\*) от момента замыкания ключа до установившегося состояния:

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

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

$$2R q_1 + L \cdot \frac{3E}{11R} = 3L \cdot \frac{E}{R} \Rightarrow 2R q_1 = \frac{3EL}{11R} + \frac{33EL}{11R} = \frac{36EL}{11R}$$

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

Ответ: 1)  $I_{10} = \frac{3E}{11R}$

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

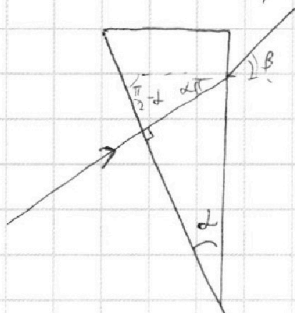
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$d = 0,1 \text{ PA}$   
 $a = 194 \text{ см}$   
 $h = 9 \text{ см}$

1)  $\beta = ?$   
 2)  $L = ?$

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



$$n_2 d = n_3 \beta \Rightarrow \beta = d \frac{n_2}{n_3}$$

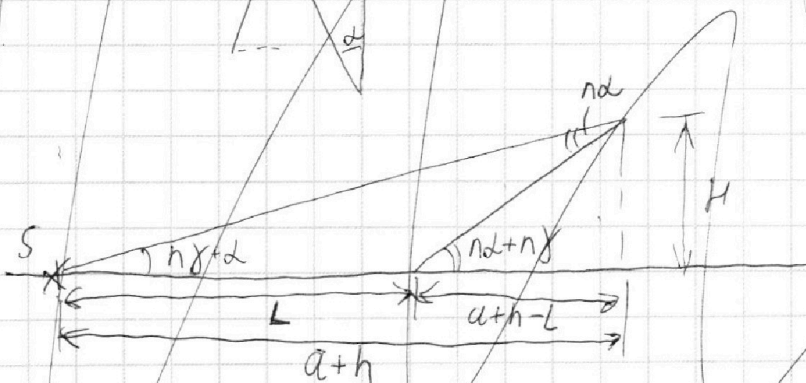
~~$\beta = 1,7 \text{ PA}$~~        $\beta = 0,17 \text{ PA}$

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

Пусть на призму падает луч под углом  $n_2 \gamma$ .  
 Тогда призма преобразует его под углом  $\gamma$ .  
 Из рисунка видим:

$$n_2(\gamma + d) = z \Rightarrow z = n_2 \gamma + n_2 d$$

расстояние между лучами



Поск. лучи малые (параксиальные), то  $\text{tg } n_2 \gamma \approx n_2 \gamma + d$

и  $\text{tg}(n_2 d + n_2 \gamma) \approx n_2 d + n_2 \gamma$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



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

$$2) n_1 = n_3 = 1, \quad n_2 = 1,7$$

$L$  - малый угол.

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

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

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

$$(1) = (2)$$
$$n_2 a \gamma + h n_2 \gamma + d a + d h = n_2 a d + n_2 h d - n_2 L d + n_2 a \gamma + n_2 h \gamma - n_2 L \gamma$$

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

$$L n_2 L d = d \left( \frac{n_2-1}{1-n_2} \right) (a+h) \Rightarrow L = (a+h) \left( \frac{n_2-1}{n_2} \right) =$$
$$= 203 \cdot \frac{0,7}{1,7} =$$

Ответ: 1)  $\beta \geq d \frac{n_2}{n_0} = 0,17 \text{ pA}\Omega$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

$d, 2d,$   
 $U_1 = U$   
 $U_2 = 4U$   
 $m, q > 0,$   
 $V_0$

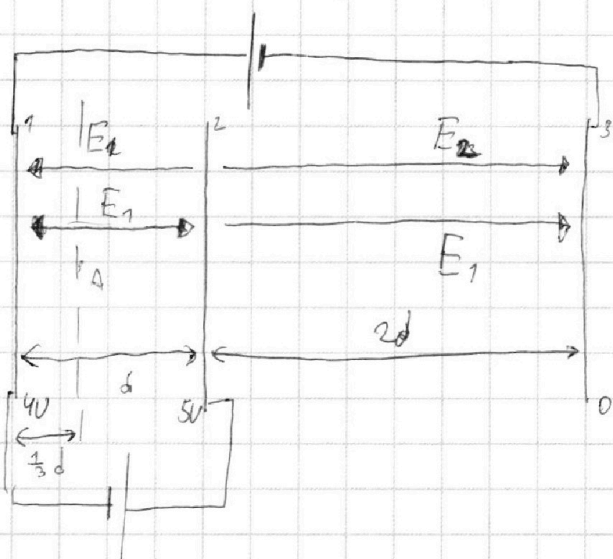
1)  $\alpha_{1-2} = ?$

2)  $K_1 - K_2 = ?$

3)  $V_A = ?$

(A на  $\frac{d}{3}$  см сетки 1)

$\frac{m q V_0}{2}$



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

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

1)  $\varphi_2 - \varphi_1 = E_{12} d$

$E_{12} = \frac{F_{12}}{q} = \frac{m a}{q}$

$\Rightarrow U = \frac{m a d}{q}$

$\Downarrow$   
 $\alpha = \frac{q U}{m d}$

(направлено в сторону сетки 1),

2) По ЗСЭ;  $K_1 - K_2 = A_{12} = -A_{12} \cdot q = -F_{12} \cdot d =$

$= -q E_{12} d = -q(\varphi_2 - \varphi_1) = -q U$

$\Rightarrow K_1 - K_2 = -q U$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

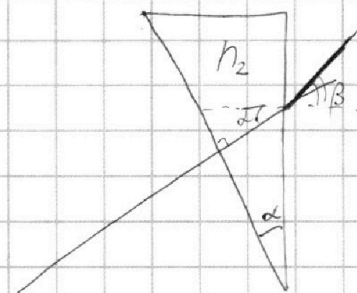
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

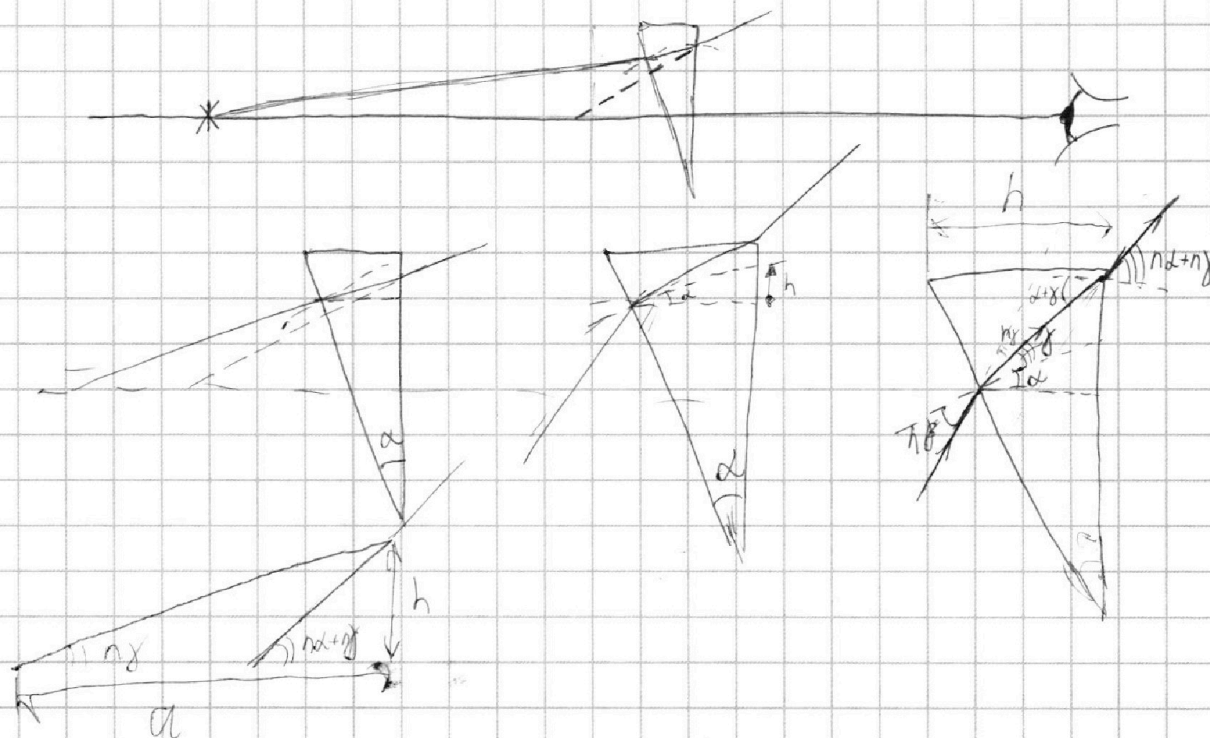


$$\begin{aligned} a &= 194 \text{ см} \\ \alpha &= 0,1 \text{ рад} \\ h &= 9 \text{ см} \end{aligned}$$



$$n_2 \alpha = n_0 \beta$$

$$\beta = 0,17 \text{ рад}$$



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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

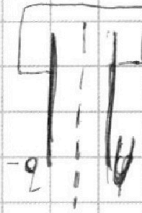
МФТИ

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



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

$$\frac{3 \cdot 37}{5} = 18.5$$



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

$$A = F_s = qEs \quad p_0 \left( \frac{45}{32} - \frac{kRT}{4} \right) = \frac{11}{20} p_{\text{атм}} \Rightarrow p_0 = \frac{11 p_{\text{атм}}}{20 \left( \frac{45}{32} - \frac{kRT}{4} \right)} = \frac{11 p_{\text{атм}}}{20 \left( \frac{45}{32} - \frac{1.4}{4} \right)}$$

$$W = q\varphi$$

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

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

$$W = \omega \cdot V$$

$$\omega = \frac{\epsilon_0 E^2}{2}$$

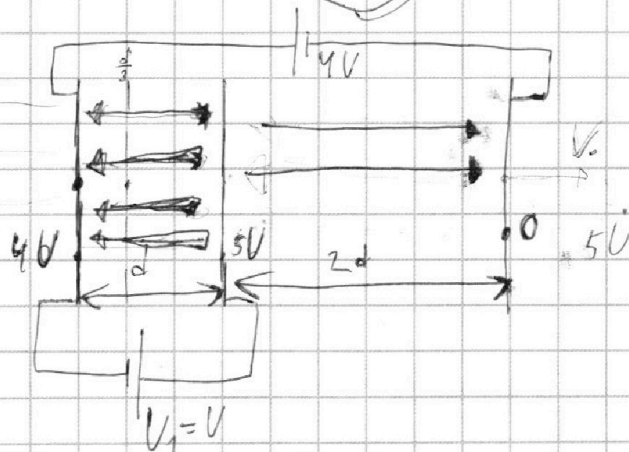
$$\rho = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} \cdot \omega$$

$$\omega =$$

$$\frac{11 \cdot 32}{20 \cdot 37} p_{\text{атм}} = \frac{88}{185} p_{\text{атм}}$$

$$\Delta\varphi = \frac{E}{d} \cdot l$$

m V<sub>0</sub>



$$F = qE$$

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

$$1) \Delta\varphi = E \cdot l \Rightarrow U = \frac{E}{q} \cdot d \Rightarrow U = \frac{m a \cdot d}{q} \Rightarrow a = \frac{qU}{md}$$

$$2) A = F \cdot s = q \Delta\varphi = qU$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - q \cdot 5U - qE \cdot 2d = q \Delta\varphi q \cdot 5U + qE \cdot \frac{2}{3}d =$$

$$E_1 = \frac{U}{d} = \frac{mV_0^2}{2} - 5qU + \frac{2}{3}qU$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



$$a = \frac{5 \cdot 15}{20} = 0,25 \frac{\mu}{c^2}$$

$$F_c \sim v$$

$$F_c = d v$$

$$F_k = d \cdot 25 \frac{\mu}{c^2} \Rightarrow d = \frac{500}{25}$$

$$1) d \neq m \left( a_1 = \frac{5}{20} = 0,25 \frac{\mu}{c^2} \right)$$

$$2) F_k = d v_k \Rightarrow d = \frac{F_k}{v_k} \quad (v_k = 25 \frac{\mu}{c^2})$$

$$m a_1 = F_k - d v_1 \Rightarrow F_k = m a_1 + d v_1 = m a_1 + \frac{F_k}{v_k} v_1 = k$$

$$500 \cdot 25 = 12500$$

$$v = \frac{20 - \frac{15}{5} - \frac{15}{4}}{4} = \frac{20 - 3 - 3,75}{4} = \frac{11}{4}$$

$$= 1800 \cdot 0,25 + \frac{500}{25} \cdot 20 =$$

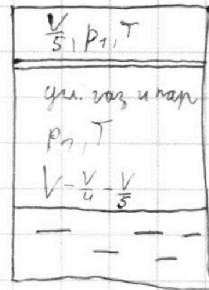
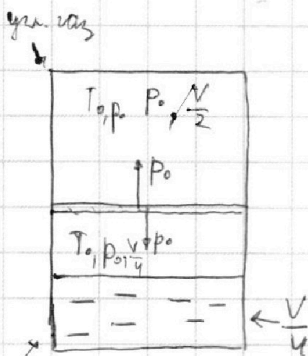
$$= 450 + 400 = 950 \text{ Н}$$

$$3) P_1 = F_1 \cdot v_1 = 950 \cdot 20 = 19000 \text{ Вт} = 19 \text{ кВт}$$

№2

$$T = \frac{5T_0}{4} = 37 \text{ К}$$

$$P_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па}$$



$$\frac{20 - \frac{5}{4} - \frac{15}{5}}{4} = \frac{20 - 1,25 - 3}{4} = \frac{11}{4} \text{ V}$$

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

$$\frac{p_0 \frac{V}{2}}{T_0} = \frac{p_1 \frac{V}{5}}{T} = \frac{p_1 \frac{V}{5} \cdot 4}{5 T_0} \Rightarrow \frac{p_0}{2} = \frac{4 p_1}{25} \Rightarrow p_1 = \frac{25}{8} p_0$$

$$p_0 \frac{V}{4} = \nu_0 R T_0 \Rightarrow \nu_0 = \frac{p_0 V}{4 R T_0}$$

$$\left( \frac{25}{8} p_0 - P_{\text{атм}} \right) \frac{11}{8} p_0 \cdot \frac{11}{20} V = \left( \frac{p_0 V}{4 R T_0} + k p_0 \frac{V}{4} \right) R \cdot \frac{5}{4} T_0$$

$$\frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} P_{\text{атм}} V = \frac{p_0 V}{4} \cdot \frac{5}{4} + k p_0 \frac{V}{4} R T_0$$



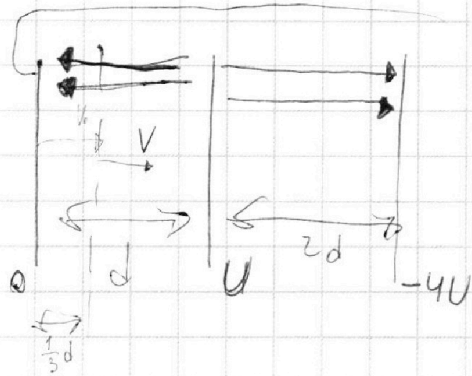
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

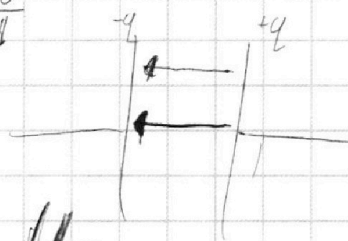
**МФТИ**

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



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

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

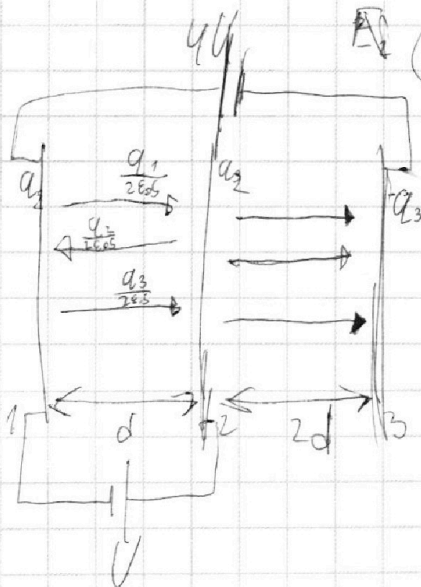


$$(E_2 - E_1)d = U \Rightarrow E_2 = \frac{U}{d} + E_1 \quad U =$$

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

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

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



$$\frac{qd}{2\epsilon_0 S} = E \cdot \frac{d}{2}$$

$$ES = \frac{q}{\epsilon_0}$$

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

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

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

$$\frac{203}{17}$$

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

$$q - 2 = 7 \quad \frac{5U}{8d} \cdot q \cdot \frac{6}{5} d$$

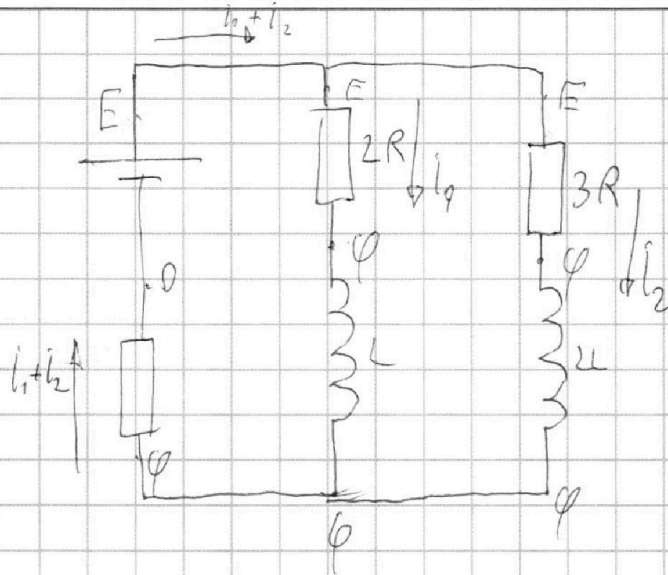
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

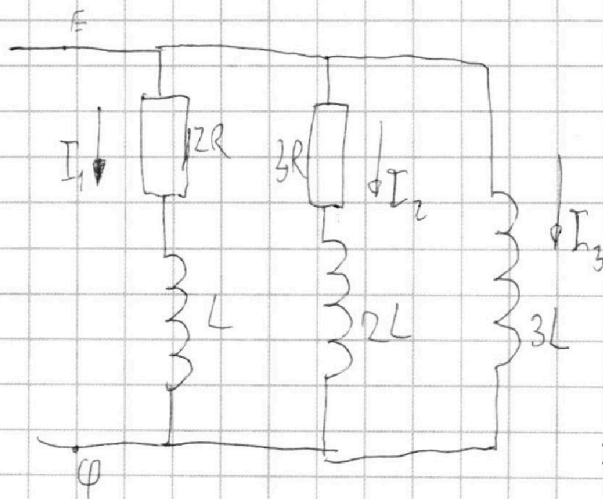
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

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



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

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

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

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

$$2q_1 R + L dI_1 = 3L \cdot dI_3 \quad (*)$$

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

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