

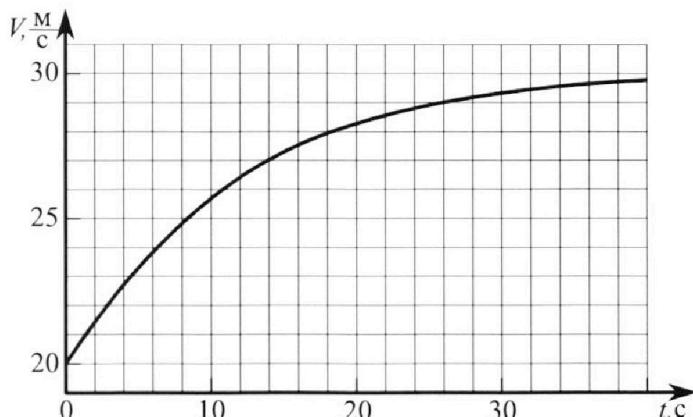
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**

**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.



- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

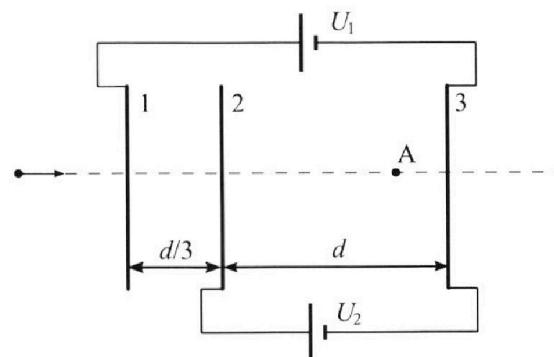
**2.** Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. 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:  $\Delta v = kp_w$ . 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.

- 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  $d/3$  (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.

- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- 2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



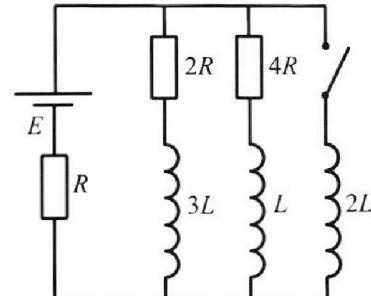
## Вариант 11-04

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

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

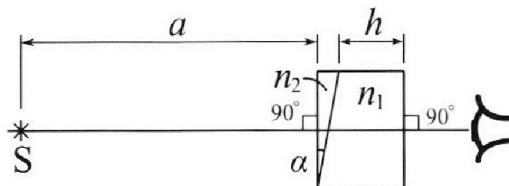
- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $4R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $2L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $4R$  при замкнутом ключе?

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  $n_b = 1,0$ . 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  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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:

- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

Н1(исходо)

1) Т.К  $a = \frac{dv}{dt}$ , то графическое ускорение имеет

смысл коэффициента угла наклона касательной  
в некоторой точке

В самом начале касательная и градиент

проходит через точку  $\vartheta_1 = 20 \frac{\text{рад}}{\text{с}}, t_1 = 0 \text{с}$  и

$$t_2 = 10 \text{с}, v_2 = 28 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\tan \vartheta_0 = a_0 = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{8}{10} = 0,8 \frac{\text{м/с}^2}{\text{с}^2}$$

$$a_0 = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2)  $N = \text{const} = \frac{\delta A}{\delta t}; \delta A = F_r \cdot dS, F_r$ -сила тяги,  $dS$ -малое  
перемещение за  
 $N = F_r \cdot \frac{dS}{dt} = F_r \vartheta \Rightarrow F_r(\vartheta) = \frac{N}{\vartheta}$  время  $dt$

~~В конце движения, аналогично первому пункту  
войдет в список ускорение. График касательной и градиент  
в этой точке проходит через точку~~

$$t = 0, \vartheta = 28 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \vartheta = 3$$

В конце движении разогнался до скорости  
в этот момент он не имел ускорения

$$v_k = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \text{ значит } \frac{N}{\vartheta_k} = F_k \Rightarrow N = F_k v_k \neq N = 6 \text{ кВт}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

N1 (продолж.)

TO I.O., T.K N=const, TO B исходне движение:

$$ma = \frac{N}{\varnothing_0} - F_0 \Rightarrow F_0 = \frac{N}{\varnothing_0} - ma_0 = F_k \frac{\varnothing_k}{\varnothing_0} - ma_0 = 200 \cdot \frac{30}{20} - 240 \cdot \frac{8}{10} = \\ = 300 - 192 = 108 \text{ Н}$$

3) аналогично пункту 2 можно показать, что

$$N_{\text{comp}_0} = F_0 \varnothing_0 \Rightarrow N_{\text{comp}_0} = 108 \cdot 20 = 2160$$

$\eta = \frac{N_{\text{comp}}}{N}$ ,  $\eta$ -коэффициент использования

$$\eta = \frac{2160}{6000} = \frac{216}{600} = 0,36$$

ОТВЕТ: 1)  $\varnothing_0 = 0,8 \frac{M}{c^2}$

2)  $F_0 = 108 \text{ Н}$

3)  $\eta = 0,36$



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!

н2(исчисл)

1) В исчислимый момент температура системы  
ближка к комнатной, т.е давлением  
воздушных паров можно пренебречь

~~так как CO<sub>2</sub> и многоатомный~~

~~газ, от имеет i=5~~

~~степени свободы~~

давления равны, т.к.

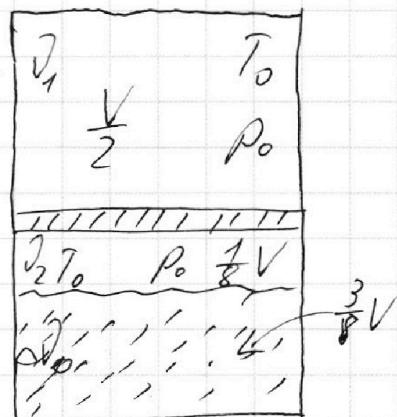
$$P_0 \frac{V}{2} = J_1 R T_0 + \text{постоянб}$$

~~воздушных~~

$$P_0 \cdot \frac{1}{8} V = J_2 R T_0 \quad \text{и давл. без}$$

~~границ~~

$$\frac{J_2}{J_1} = \frac{1}{4}; \Delta J_0 = \frac{3}{8} k V P_0$$



2) Далее в конде систему нагреи до  $T \approx 100^\circ\text{C}$ ,

т.е при такой температуре давление

насыщенных паров воздуха равно  $P_{\text{рат}}$ .

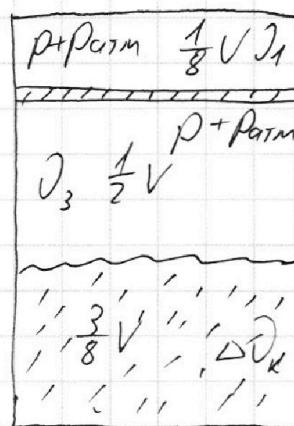
Пренебрежем изменением

объема жидкости, т.к мы

растворение газа мы испарение

в воде сильно облег

воды не меняют.



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"/> |

**МФТИ.**



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

## N2 (продолжение)

Рисунок - парциальное давление углекислого газа

$$\frac{P + P_{\text{атм}}}{\frac{4}{3}P_0} = \frac{4}{3} \Rightarrow P + P_{\text{атм}} = \frac{16}{3}P_0$$

$$\cancel{\frac{1}{2}(P + P_{\text{атм}})V = J_3 RT \cdot \frac{4}{3}T_0} \quad \frac{1}{8}V(P + P_{\text{атм}}) = \frac{4}{3}J_1 RT_0 \Rightarrow \\ J_3 = J_2 - (\Delta J_0 - \Delta J_K) \quad \frac{1}{2}VP = J_3 RT_0 \cdot \frac{4}{3}$$

$$\cancel{\frac{1}{8}V(P + P_{\text{атм}}) = J_1 RT_0 \cdot \frac{4}{3}} \quad J_3 = J_2 + (\Delta J_0 - \Delta J_K) \\ \Delta J_K = k \cdot \frac{3V}{8}P$$

$$\frac{J_3}{J_1} = 4$$

$$J_3 = 4J_1$$

$$J_2 = \frac{1}{4}J_1$$

$$4J_1 = \frac{1}{4}J_1 - \Delta J_0 + \Delta J_K$$

$$\frac{P + P_{\text{атм}}}{4P} = \frac{J_1}{J_3}$$

$$J_3 = \frac{4P}{P + P_{\text{атм}}} \cdot J_1$$

$$J_2 = \frac{1}{4}J_1$$

$$\frac{4P}{P + P_{\text{атм}}} \cdot J_1 = \frac{1}{4}J_1 + \frac{3}{8}kVp_0 - \frac{3}{8}kVp$$

$$\frac{4}{3} \left( \frac{16}{3}P_0 \cdot P_{\text{атм}} \right) \cdot J_1 = \frac{1}{4}J_1 + \frac{3}{8}kVp_0 - \cancel{\frac{3}{8}kVp_0} = \frac{3}{8}kV$$

$$-\frac{3}{8}kV \cdot \frac{16}{3}P_0 + \frac{3}{8}kVp_0 P_{\text{атм}}$$

$$4J_1 - \frac{3P_{\text{атм}}}{4P_0}J_1 = \frac{1}{4}J_1 - \frac{13}{8}kVp_0 + \frac{3}{8}kVp_{\text{атм}}$$

$$Vp_0 = 2J_1 RT_0; VP + Vp_{\text{атм}} = 8J_1 RT \Rightarrow$$

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"/> |

МФТИ.

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

## N2 (продолжение)

$$\frac{15}{4} J_1 - \frac{3 P_{atm}}{4 P_0} J_1 = -\frac{13}{4} K J_1 R T_0 + \frac{3}{8} K V P_{atm}$$

$$V = \frac{2 J_1 R T_0}{P_0}$$

$$\frac{15}{4} J_1 - \frac{3 P_{atm}}{4 P_0} J_1 = -\frac{13}{4} K J_1 R T_0 + \frac{3}{4} K J_1 R T_0 \frac{P_{atm}}{P_0} \quad | : J_1$$

$$\frac{13}{4} K R T_0 + \frac{15}{4} = \frac{P_{atm}}{P_0} \left( \frac{3}{4} + \frac{3}{4} K R T_0 \right)$$

$$13 K R T_0 + 15 = \frac{P_{atm}}{P_0} (3 + 3 K R T_0)$$

$$\frac{P_0}{P_{atm}} = \frac{3 + 3 K R T_0}{13 K R T_0 + 15} \Rightarrow P_0 = P_{atm} \frac{3 + 3 K R T_0}{13 K R T_0 + 15} =$$

$$= \frac{3 + 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3}{13 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3 + 15} \frac{P_{atm}}{\sqrt{\frac{351}{70} + 15}} \approx \frac{2}{33} P_{atm}$$

Ответ: 1)  $\frac{1}{4}$

2)  $\frac{2}{3} P_{atm}$



- 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 (исходо)

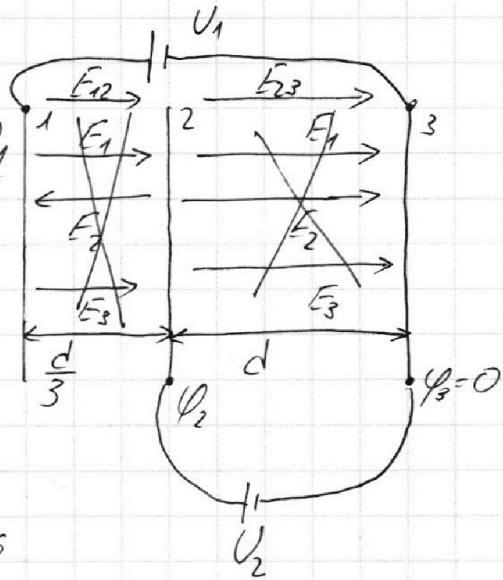
1) т.к поля везде однородно,

нулевой потенциал можно  $\varphi_1$

выбрать в любой точке.

Выберем  $\varphi_3 = 0$ , тогда  $\varphi_2 = U_2 = V$ ,

$$\varphi_1 = U_1 = 5V$$



Пускай пластиной зарядились

го зарядов  $q_1, q_2, q_3$  соответственно.

Поле одной пластины равно  $E = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$ . Рассмотрим

для определенности системы замкнута, значит

~~$$q_1 = q_3, q_2 = q_1 - q_3; q_3 = q \Rightarrow q_1 = q_2 = -q$$~~

~~$$q_1 + q_2 + q_3 = 0, \text{ значит}$$~~

для определенности положим  $q_1 > 0, q_2 > 0$ , тогда

$q_3 < 0$ . Если в рассуждении, на ответ это не

повлияет

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{d}{3} (E_3 + E_1 - E_2) \Rightarrow \frac{3(\varphi_1 - \varphi_2)}{d} = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = \\ = \frac{3 \cdot 4 \cdot 9}{d} - \frac{12U}{d} \quad (1)$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U = d (E_3 + E_2 + E_1) \Rightarrow \frac{U}{d} = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} \quad (2)$$

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!

N3(продолжение)

сложим (1) и (2)

$$\frac{13U}{d} = \frac{1}{\epsilon_0 S} (q_1 + q_3), q_1 + q_3 = -q_2$$

$$-q_2 = \frac{13U}{d} \cdot \epsilon_0 S$$

~~$$(2): \frac{U}{d} = \frac{1}{2\epsilon_0 S} (q_3 + q_1 + q_2)$$~~

~~Система замкнута, значит  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$ , отсюда, по теореме Гаусса получим~~

~~Система замкнута, поэтому  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$ , напряженность  $\Phi$  значит поле снаружи пластинки равно 0~~

Разность потенциалов между обкладками

2 и 3 равна  $\Phi_2 - \Phi_3 = U_2 = U$ , суммарное

поле между этими пластинами направлено

в сторону уменьшения потенциала т. е. от

пластинки 2 к пластинке 3.  $E_{23} = \frac{\Phi_2 - \Phi_3}{d} = \frac{U}{d}$

$$F_{23} = E_{23} q = m a_{23} \Rightarrow a_{23} = \frac{E_{23} q}{m} = \frac{U q}{dm}$$

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!

№3 (пояснение)

2) т.к. из заряд не действует силы кроме  
как со стороны эл. поля, то работы,

совершенное силой  $\vec{K}$  вдоль  $\vec{x}$ -оси

изменение кинетической энергии  $F_{23} = \frac{Uq}{d}$

$$A_{23} = K_3 - K_2 = F_{23} \cdot d = \frac{Uq}{d} Uq$$

3) Аналогично п. 2 по аналогии с п. 1

Аналогичным образом напряженность поля между  
сетками 1 и 2  $\frac{d}{3}(\varphi_1 - \varphi_2) \Rightarrow E_{12} = 4U \frac{d}{3} \Rightarrow E_{12} = \frac{4Ud}{3}$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{d}{3} E_{12} \Rightarrow E_{12} = \frac{12U}{d}$$

Тогда, работа, совершенная КF<sub>23</sub> равна

$$A_{12} = E_{12} \cdot \frac{d}{3} = E_{12} q \cdot \frac{d}{3} = 4Uq \cdot \frac{d}{3}$$

$$A_{23} = F_{23} \cdot d \cdot \frac{3d}{4} = \frac{Uq}{d} \cdot d \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{4} Uq$$

$$K_A - K_1 = \frac{m\varphi_A^2}{2} - \frac{m\varphi_0^2}{2} = A_{2A} + A_{12} = \frac{19}{4} Uq$$

$$m\varphi_A^2 = m\varphi_0^2 + \frac{19}{2} Uq$$

$$\varphi_A = \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{19Uq}{2m}}$$

$$\text{Ответ: 1)} \frac{Uq}{dm}; 2) Uq; 3) \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{19Uq}{2m}}$$



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!

№4 (исчисл)

1) при разомкнутом ключе и установленном  
размагнитывающем токе через катушку не меняется,  
значит  $E = -\frac{dI}{dt} \cdot L = 0$ , напряжение на них  
0, они не вносят с весом вклад в цель.  
таким образом выглядят так:

2) 3м Кирхгоф:

$$E = I_R R + I_{2R} \cdot 2R$$

$$E = I_R R + I_{4R} \cdot 4R$$

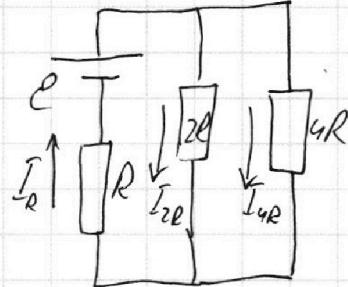
$$I_R = I_{2R} + I_{4R}$$

$$E = R \cdot 2R \cancel{I_R} \cdot 2$$

$$E = R \cdot 2I_{2R} + 5I_{4R} \cdot 4R \Rightarrow 3E = 3I_{2R} \cdot R + 15I_{4R} \cdot R$$

$$E = 3R \cdot I_{2R} + I_{4R} \cdot R$$

$$2E = 14I_{4R} \cdot R \Rightarrow I_{4R} = \frac{E}{7R}; I_{4R} = I_{20} = \frac{E}{7R} \Rightarrow I_{2R} =$$



2) Ток через катушку скажем не меняется,

значит сразу после замыкания ключа  $I_{21} = 0$ ,

$$I_{3L} = I_{2R} = \frac{2E}{7R}$$

$$I_L = I_{20} = \frac{E}{7R}$$

$$\text{значит, т.к. } I_{21} = 0, \text{ то } I_R = I_R = \frac{3E}{7R}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



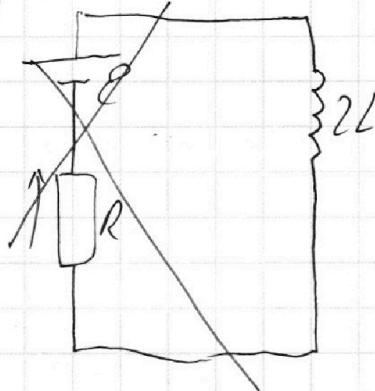
- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------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

23-ii Кирхгоф для контура  
(продолжение)  
с источником и катушкой 2L

$$E - \frac{d\Phi}{dt} \cdot 2L = IR = \frac{3}{2}E$$



$I_2'$  - искомая во втором  
пункте величина

$$I_2' = \frac{\frac{3}{2}E}{2L} = \frac{3E}{4L}$$

3)  $I = I_1 + I_2 + I_3$

Рассмотрим начальный

момент (все токи

установились). В этот

момент напряжение

на катушке 2L равно 0, значит, тк

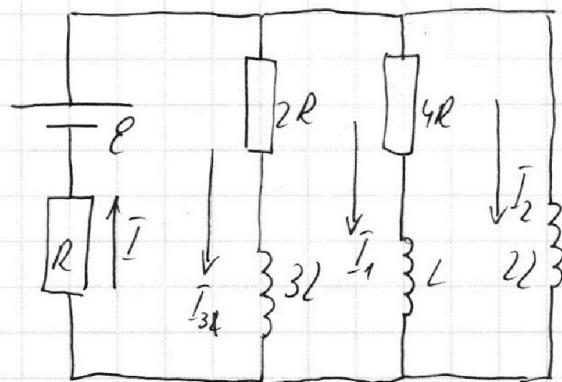
напряжение на всех катушках равно 0,

то ток через резисторы 2R и 4R не

текет. А ток через резистор R и катушку

$$2L$$
 равен  $\frac{E}{R} I_{2n} = \frac{E}{R}$

23-ii Кирхгоф для контура с  
катушками L и 3L:



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"/> |

**МФТИ**

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

нч (продолжение)

$$-\frac{d\bar{I}_1}{dt} \cdot L + \frac{d\bar{I}_2}{dt} \cdot 2L = \bar{I}_1 \cdot 4R$$

$$-d\bar{I}_1 \cdot L + d\bar{I}_2 \cdot 2L = dq_1 \cdot 4R \quad \text{прочитегрируем}$$

*до момента исстумени я  
хв ию весси си):*

$$4R \cdot q_1 \cancel{+ t} = -2$$

$$4R \cdot q_1 = -L(0 - \bar{I}_{20}) + 2L(\bar{I}_{2K} - 0) = \bar{I}_{20}L + 2L\bar{I}_{2K} =$$
$$= \frac{\mathcal{E}}{2R} \cdot L + 2L \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{15\mathcal{E}L}{2R}$$

$$q_1 = \frac{15\mathcal{E}L}{28R^2}$$

Ответ: 1)  $\frac{\mathcal{E}}{2R}$

2)  $\frac{2\mathcal{E}}{2L}$

3)  $\frac{15\mathcal{E}L}{2R}$

На одной странице можно оформлять **ТОЛЬКО ОДНУ** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



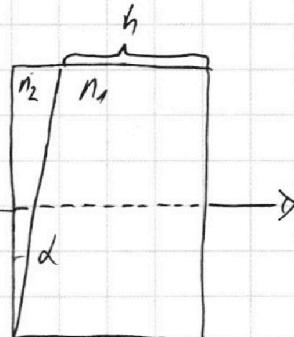
- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------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

1) Рассмотрим луч, купивший из  
левую грани системы под

углом  $90^\circ$



Все остальные случаи предполагается  
считать, что  $n_2 > n_1$ ,  $n_0 = 1$ .

$\beta = \alpha$ , т.к. малость  $\beta$ -и

системы (углы малы, значит  
 $\sin x \approx \tan x \approx x$ ):

$$n_2 d = n_1 j \Rightarrow j = \frac{n_2}{n_1} d$$

луч выходит из второй смолы:

$$n_1 \beta = \theta = n_2 d \quad n_1 (\beta - j) = \theta$$

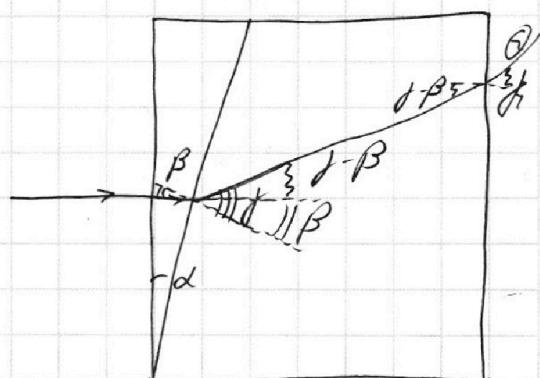
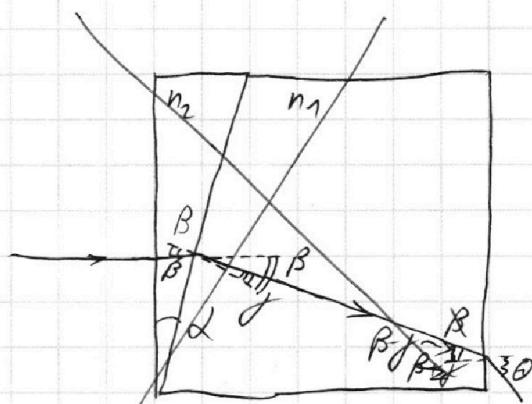
$$\text{для п. 1: } \theta = n_2 d \quad \theta = n_1 d / \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$n_1 (\beta - j) = \theta$$

$$\theta = n_1 d \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) = d(n_2 - n_1)$$

$$\text{для п. 1: } \theta = Q_1 \cdot Q_2 =$$

$$= Q_2 \text{ рад}$$





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

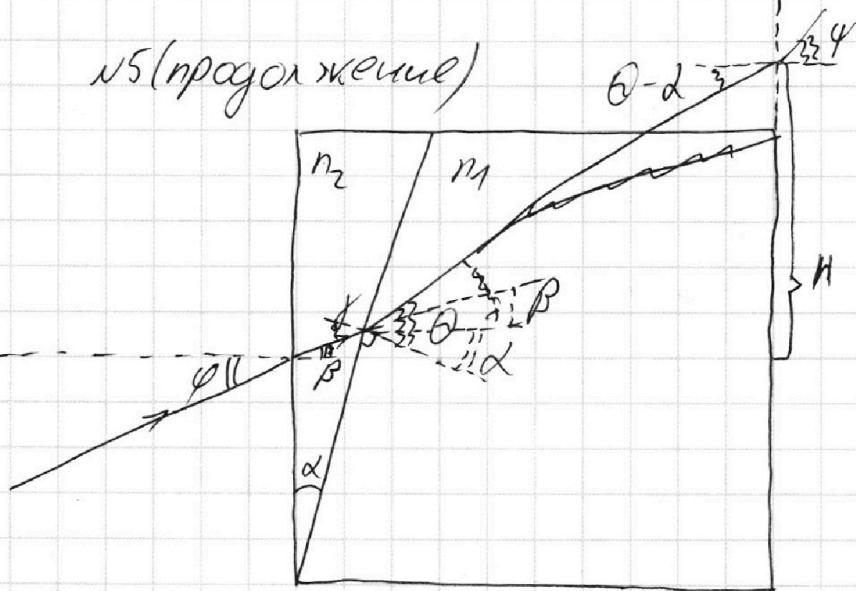
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

N5(продолжение)



рассмотрим луч, пошедший под некоторым  
углом  $\varphi$  к прямой, перпендикулярной  
граничам оптической системы (φ-малый)

$$1. \varphi = n_2 \cdot \beta \Rightarrow \varphi = n_2 \beta$$

$$f = g \theta^o = \frac{\pi c}{2} - \left( \frac{\pi c}{2} - \alpha - \beta \right) = \alpha + \beta$$

$$n_1 \theta = n_2 f = n_2 (\alpha + \beta) \Rightarrow \theta = \frac{n_2}{n_1} (\alpha + \frac{\varphi}{n_2})$$

$$(\theta - \alpha)/n_1 = \psi$$

$$\psi = n_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \alpha + \frac{\varphi}{n_2} - \alpha \right) = \varphi + \alpha (n_2 - n_1)$$

Угол отклонения любого луча системы  
равен  $\alpha (n_2 - n_1)$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

N5 (продолжение)

при этом, в связи с малостью углов  
(и толщины призмы  $n_2$ )  
отклонение луча по вертикали  $H$  равно:

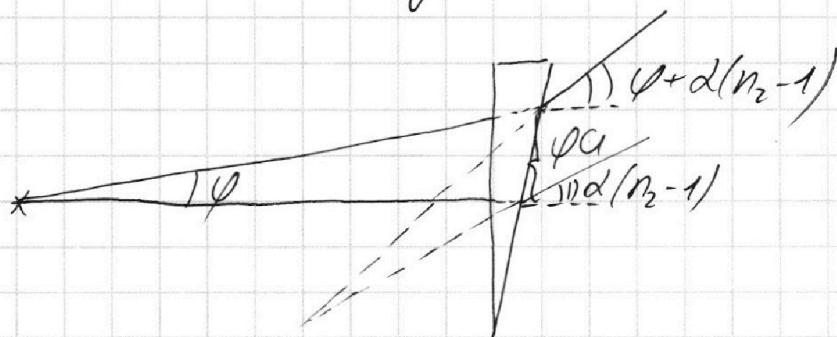
$$H = h(\theta - d) = h \left( \frac{n_2}{n_1} d + \frac{\varphi}{n_1} - d \right)$$



$$x = \alpha \varphi + H(\varphi) - H(0) = \alpha \varphi + h \cdot \frac{\varphi}{n_1}$$

2) т.к во втором пункте  $n_1 = 1,70$

угораживание формируется только в призме  $n_2$





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 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!

$$2KV\rho_0 \quad \frac{3}{8} - \frac{16}{8} = -\frac{13}{8}\rho_0 \frac{3}{4} P_{arm}$$

$$V\rho + V\rho_{arm} = 8V, RT$$

$$\frac{x}{y} = \frac{k}{z-y} \quad 33$$

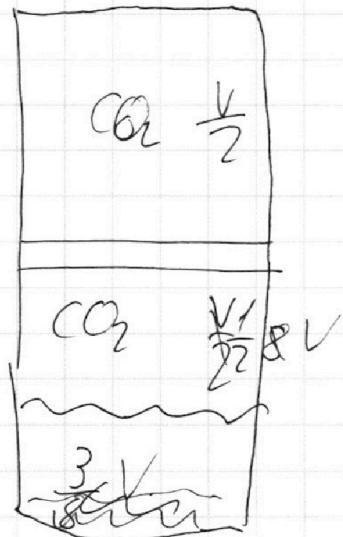
$$k = zy \quad 19+$$

$$\frac{360}{20} = 18$$

$$\frac{x}{y} = \frac{zy}{z-y} = \frac{x+zy}{z}$$

$$\frac{\rho + \rho_{arm}}{\rho_0} \quad \frac{6}{10} = \frac{3}{5} \quad xz - xy = zy$$

$$xz = xy + zy^2$$



$$\frac{6}{3}T_0 = 323$$

$$T_0 = \frac{3}{4} \cdot 360 =$$

$$R \cdot \frac{9}{3} T_0 = 3 \cdot 10^3$$

$$RT_0 = \frac{9}{4} \cdot 10^3$$

$$\begin{array}{r} \times 27 \\ \times 13 \\ \hline 81 \\ + 27 \\ \hline 357 \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

$$F_s =$$

$$N = \cancel{A} \frac{\delta A}{\delta t}$$

$$\delta A = F_s \cdot dS$$

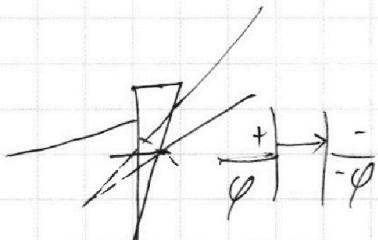
$$N = F_s \cdot \varnothing$$

$$G = \frac{d\varnothing}{dt}$$

$$\mathcal{E}_+ = R \cdot \mathcal{I}_{2R} + 5R \cdot \mathcal{I}_{4R}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

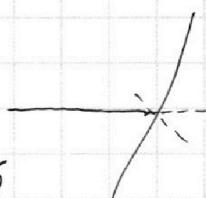
$$n \cdot \alpha = \beta$$



$$N =$$

$$216$$

$$\begin{array}{r} 216 \\ 18 \\ \hline 36 \end{array}$$

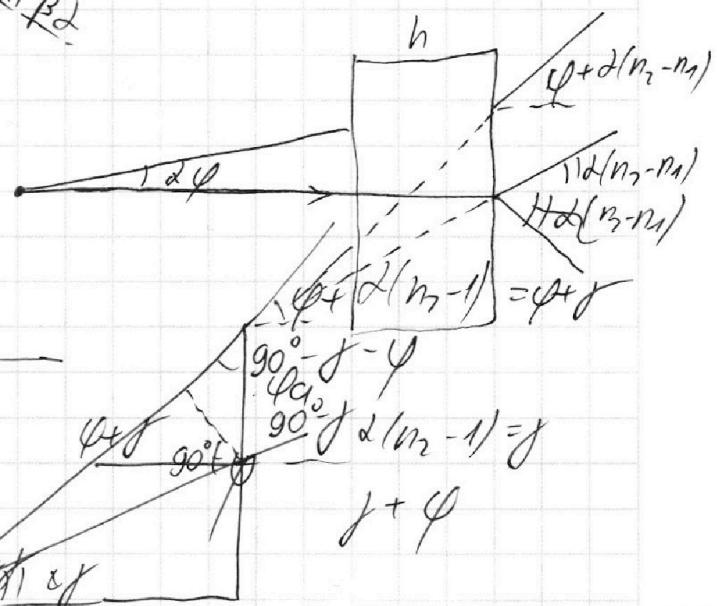
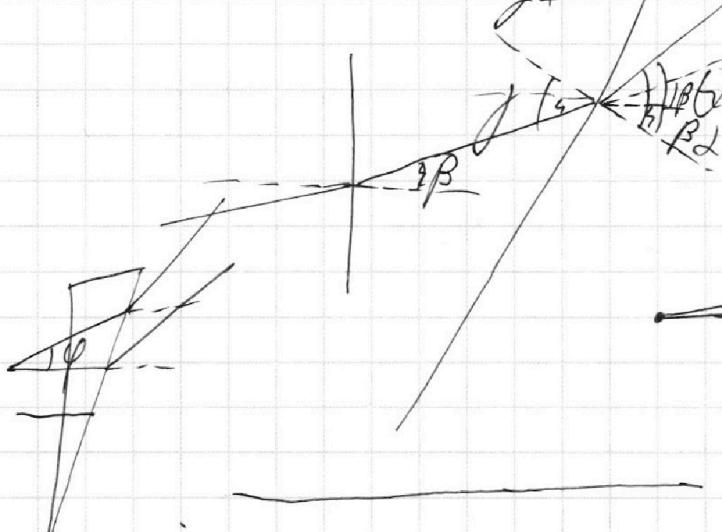


$$\partial F \leftarrow - \frac{d\varnothing}{dt}$$

$$\alpha = \varphi - \varnothing$$

$$\varphi - \varnothing = \varphi$$

$$\vartheta = \frac{n_2}{n_1} (\alpha + \frac{\varphi}{n_2})$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

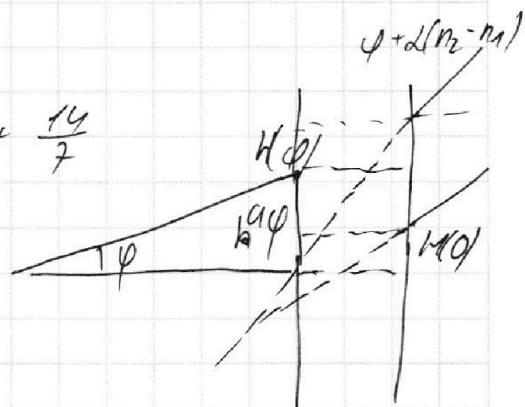
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}}{3R} - I_{2R} = 3I_{2R}$$

$$3I_{2R} = \frac{6\mathcal{E}}{2R} - \frac{\mathcal{E}}{2R} = \frac{5\mathcal{E}}{2R} =$$

$$\mathcal{E}_0 - \frac{dI_2}{dt} L = I_0 R$$

$$\frac{1}{L} + \frac{14}{7}$$

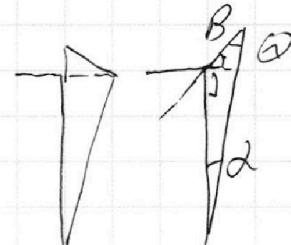


$$-\frac{dI_3}{dt} \cdot 3L + \frac{dI_1}{dt} \cdot L = 2R \cdot I_3 - I_1 \cdot 4R$$

$$-dI_3 \cdot 3L + dI_1 \cdot L = 2R \cdot \frac{dI_3}{dt} - 4R \cdot \frac{dI_1}{dt}$$

$$\mathcal{E}_T \mathcal{E} - \frac{dI_2}{dt} \cdot 2RL = I_0 R$$

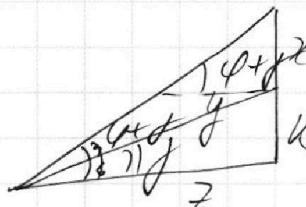
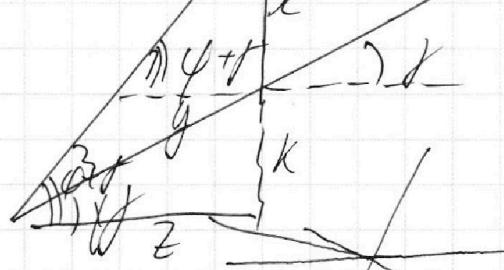
$$-\frac{dI_1}{dt} \cdot L + \frac{dI_2}{dt} \cdot 2L = I_0 \cdot 4R$$



$$-d_I I_1 \cdot L + d_I I_2 \cdot 2L = dI_1 \cdot 4R$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta = 180^\circ - \alpha - \beta - 90^\circ = \frac{\pi}{2} - \alpha - \beta$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta + \alpha' + \beta' + \gamma' + \delta' = 360^\circ$$



$$\alpha + \beta + \gamma + \delta = 360^\circ$$

$$\psi = \frac{\alpha + \beta}{2}$$

$$\frac{x}{y} = \frac{\alpha + \beta}{2}$$

$$\frac{x}{y} = \psi$$

$$\beta = \frac{\alpha + \beta}{2} - \alpha$$