



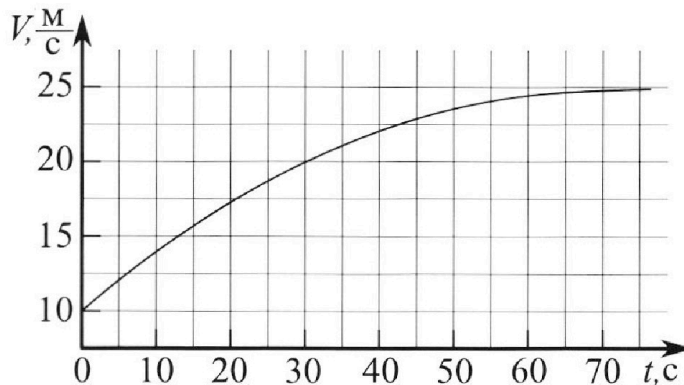
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03

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



1. Автомобиль массой  $m = 1500$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна  $F_k = 600$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая мощность  $P_0$  передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

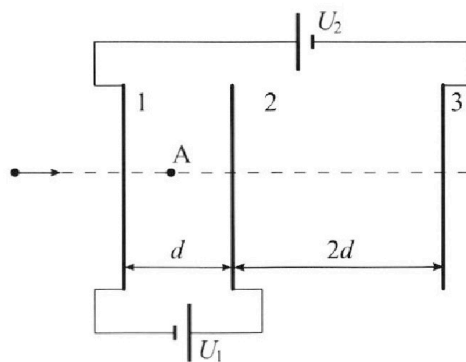
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta n$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta n = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$  моль/(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 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 A на расстоянии  $d/4$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-03

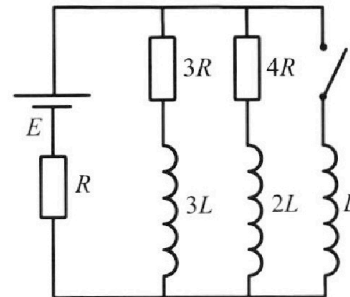
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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 ч.исловыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



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

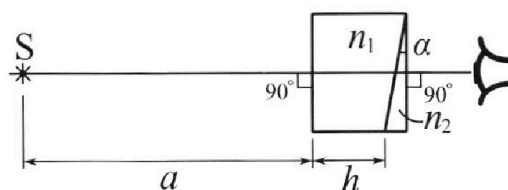


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

N1

1)  $a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow$  ускорение в момент  $t=0$  с. равно коэффициенту ~~угла~~ наклона касательной к графику в т.  $t=0$ .

Часть кривой между  $t=0$  с. и  $t=5$  с. примерно можно считать линейной.

$$v(0) = 10 \text{ м/с} ; \quad v(5) \approx 12 \text{ м/с}$$

$$a_0 \approx \frac{v(5) - v(0)}{5 - 0} = \frac{12 - 10}{5} \text{ м/с}^2 = 0.4 \text{ м/с}^2.$$

2)  $F_c = kv$  — сила сопротивления движению.

$$\text{ИЗН: } ma_0 = F_0 - kv_0.$$

В точке разгона  $a=0 \Rightarrow F_k = kv_k.$

$$v_k = 25 \text{ м/с.}$$

$$k = \frac{F_k}{v_k} = \frac{600}{25} \text{ Н·с/м} = 24 \text{ Н·с/м.}$$

$$F_0 = ma_0 + kv_0 = 1500 \cdot \frac{2}{5} + 24 \cdot 10 = 2 \cdot 300 + 240 = 600 + 240 = 840 \text{ Н.}$$

$$3) P_0 = F_0 v_0 = 840 \cdot 10 \text{ Вт} = 8400 \text{ Вт.}$$

Ответ: 1)  $a_0 = 0.4 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $F_0 = 840 \text{ Н}$ ; 3)  $P_0 = 8400 \text{ Вт.}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

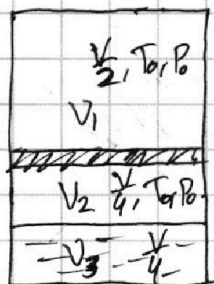
МФТИ

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

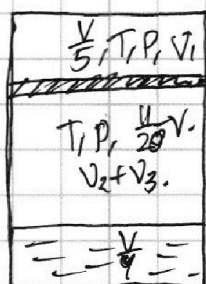


N2

Начальное состояние:



Конечное состояние:



Объем газа в нижней части:

$$\frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{16-5}{20} V = \frac{11}{20} V.$$

1) Пусть  $V_1$  и  $V_2$  — кол-во вещества газов в верхней и нижней частях соответственно до нагревания,  $V_3$  — кол-во растворенного газа.

$$\begin{cases} P_0 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0 \\ P_0 \left( \frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \nu_2 R T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\frac{V}{2}}{\frac{V}{4}} = 2. \quad \nu_2 = \frac{1}{2} \nu_1.$$

$$2) \quad \nu_3 = k P_0 \cdot \frac{V}{4} = \frac{1}{4} k V P_0.$$

Начальное давление  $\text{CO}_2$  в нижней части после нагревания:

$$P_1 \frac{11}{20} V = (\nu_2 + \nu_3) R T_1.$$

$$P_1 = \frac{20}{11} \frac{(\frac{1}{2} \nu_1 + \nu_3) R T_1}{V}.$$

$T = 373 \text{ K}$  — температура кипения воды при атм. давлении  $\Rightarrow$

$\Rightarrow P_H = P_{\text{атм}}$  — давление насыщенных паров воды.

$$P = P_1 + P_H = P_1 + P_{\text{атм}}.$$

Для верхней части:

$$P \frac{V}{5} = \nu_1 R T_1.$$



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 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!

$$\frac{1}{5}(P_T + P_{ATM})V = \nu_1 RT.$$

$$\frac{1}{5}(P_{ATM} + \frac{20}{11} \frac{(\frac{1}{2}\nu_1 + \nu_3)RT}{V})V = \nu_1 RT.$$

$$\nu_1 R = \frac{P_0 V}{2T_0}.$$

$$\frac{1}{5}(P_{ATM} + \frac{20}{11} \frac{(\frac{1}{2}\nu_1 RT + \nu_3 RT)}{V})V = \frac{P_0 V T}{2T_0}.$$

$$\frac{1}{5}P_{ATM}V + \frac{4}{11}(\frac{1}{2}\frac{P_0 V T}{T_0} + \frac{1}{4}k\nu_3 RT) = \frac{1}{2}P_0 V \frac{T}{T_0}.$$

$$\frac{1}{5}P_{ATM} = \frac{2}{5}P_0 + \frac{2}{11}\frac{P_0 T}{2T_0} + \frac{1}{11}kP_0 RT = \frac{1}{2}P_0 \frac{T}{T_0}.$$

$$\frac{2}{5} + \frac{1}{11}\frac{T}{T_0} + \frac{1}{11}kRT = \frac{1}{2}\frac{T}{T_0}.$$

$$(\frac{1}{2} - \frac{1}{11})\frac{T}{T_0} = \frac{2}{5} + \frac{1}{11}kRT.$$

$$\frac{9}{22}\frac{T}{T_0} = \frac{2}{5} + \frac{1}{11}kRT.$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{22}{9}(\frac{2}{5} + \frac{1}{11}kRT) = \frac{22}{9}(\frac{2}{5} + \frac{1}{11} \cdot 0,5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3) =$$

$$= \frac{22}{9}(\frac{2}{5} + \frac{3}{22}) = \frac{22}{9} \cdot \frac{(2 \cdot 22 + 15)}{22 \cdot 5} = \frac{15 + 44}{45} = \frac{59}{45}.$$

Ответ: 1)  $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$ ; 2)  $\frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}.$

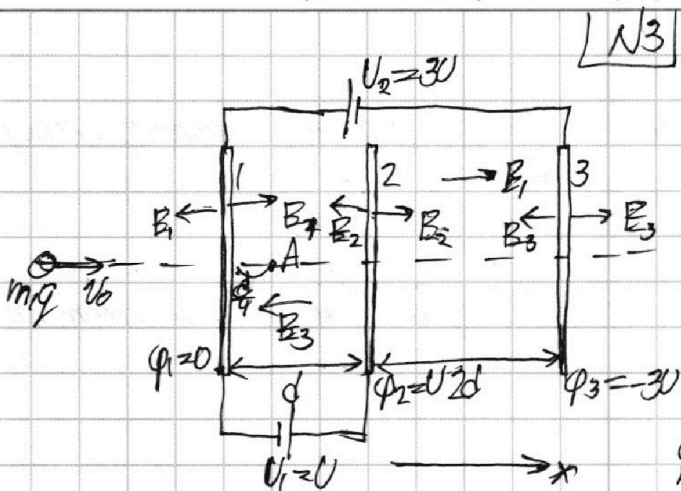
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Пусть  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  — потенциалы сеток 1, 2, 3 соотв.,  
 $E_1, E_2, E_3$  — напряжённости полей, создаваемых сетками 1, 2, 3 соотв. (с учётом знака).

Пусть  $\varphi_1 = 0$ , тогда  $\varphi_2 = U$ ,  
 $\varphi_3 = -3U$ .

$$\varphi_2 - \varphi_1 = U; \quad \varphi_2 - \varphi_3 = 4U.$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow E_1 + E_2 + E_3 = 0.$$

$$\begin{cases} E_2 + E_3 - E_1 = \frac{U}{d} \\ E_2 + E_1 - E_3 = \frac{4U}{2d} \\ E_1 + E_2 + E_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow 2E_2 = \frac{2U}{d} + \frac{U}{d} = \frac{3U}{d}$$

$$E_2 = \frac{3U}{2d}.$$

$$\begin{cases} E_1 - E_3 = \frac{1}{2} \frac{U}{d} \\ E_3 + E_1 = -\frac{3}{2} \frac{U}{d} \end{cases} \Rightarrow 2E_1 = -\frac{U}{d}$$

$$E_1 = -\frac{1}{2} \frac{U}{d}$$

$$E_3 = -\frac{3}{2} \frac{U}{d} + \frac{1}{2} \frac{U}{d} = -\frac{U}{d}.$$

$$\begin{cases} E_1 = -\frac{1}{2} \frac{U}{d} \\ E_2 = \frac{3}{2} \frac{U}{d} \\ E_3 = -\frac{U}{d} \end{cases}$$

1)  $E_{12x} = E_1 - E_2 - E_3 = \left(-\frac{1}{2} - \frac{3}{2} + 1\right) \frac{U}{d} = -\frac{U}{d}$ . — напряжённость поля между сетками 1 и 2.

$$m a = q E_{12}.$$

$$|a| = \frac{q}{m} \frac{U}{d} = \frac{qU}{md}.$$

2) По теореме о консервативности энергии:

$$K_1 - K_2 = -A_{12}, \quad A_{12} \text{ — работа, совершённая над зарядом.}$$

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!

$$A_2 = q E_{12} d = -\frac{U}{d} q d = -qU.$$

$$K_1 - K_2 = qU.$$

3)  $K_1 = \frac{1}{2} m v_0^2$ , т.к. поле вне области между сетками равно 0.

ЗЗЗ:

$$K_1 + A = K_2.$$

$$A = q E_{12} \frac{d}{4} = \frac{1}{4} q d \left(-\frac{U}{d}\right) = -\frac{1}{4} qU.$$

$$K_2 = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{1}{4} qU.$$

$$v^2 = v_0^2 - \frac{1}{2} \frac{qU}{m}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{1}{2} \frac{qU}{m}}.$$

Ответ: 1)  $a = \frac{qU}{md}$ ; 2)  $K_1 - K_2 = qU$ ; 3)  $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}.$



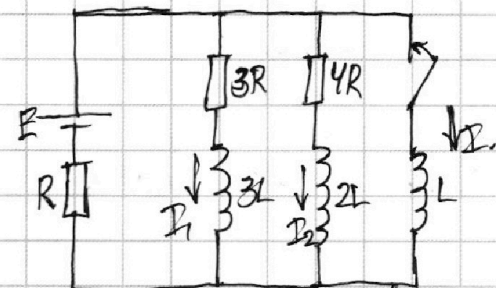
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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"/> |

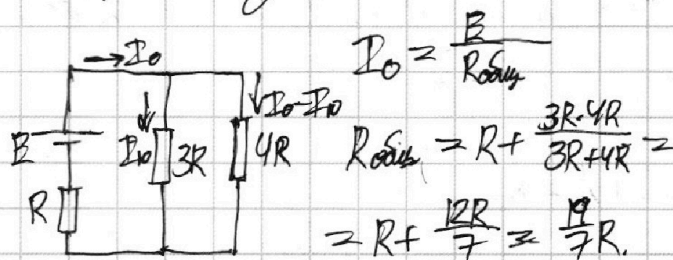
МФТИ

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



[4]

1) При размыкании ключа  
напряжения на катушках  
равны нулю, ~~так~~



$$I_0 = \frac{E}{R_{\text{общ}}}$$

$$R_{\text{общ}} = R + \frac{3R \cdot 4R}{3R + 4R} =$$

$$= R + \frac{12R}{7} = \frac{19}{7}R.$$

$$3RI_0 = 4R(I_0 - I_0)$$

$$3I_0 = 4I_0 - 4I_0$$

$$7I_0 = 4I_0$$

$$I_0 = \frac{4}{7}I_0 = \frac{4}{7} \cdot \frac{7}{19} \frac{E}{R} = \frac{4}{19} \frac{E}{R}. \quad I_0 = \frac{7}{19} \frac{E}{R}.$$

2) ~~По формуле~~ Ток через катушку не может меняться скачком  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  сразу после замыкания ключа напряжение на катушке

$$U_L = E - I_0 R = E - \frac{7}{19} E = \frac{12}{19} E.$$

$$U_L = LI \Rightarrow \dot{I} = \frac{U_L}{L} = \frac{12}{19} \frac{E}{L}.$$

3) Пусть  $I_1$  — ток через катушку  $3L$ ,  $I_2$  — ток через катушку  $2L$ ,  $I$  — ток через  $L$

$$3R \frac{dI_1}{dt} + 3L \frac{dI_1}{dt} = 4R \frac{dI_2}{dt} + 2L \frac{dI_2}{dt}.$$

$$3R dI_1 + 3L dI_1 = 4R dI_2 + 2L dI_2.$$

$$3R \int dI_1 + 3L \int_{I_{10}}^0 dI_1 = 4R \int_{I_{20}}^0 dI_2 + 2L \int_{I_{20}}^0 dI_2.$$

В установившемся режиме  $\dot{I} = 0 \Rightarrow I_1 = I_2 = 0.$

$$3R I_1 - 3L I_{10} = 4R I_2 - 2L I_{20}.$$

$$I_{20} = I_0 - I_1 = \frac{7}{19} \frac{E}{R} - \frac{4}{19} \frac{E}{R} = \frac{3}{19} \frac{E}{R}.$$

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!

$$\cancel{3Rq_1 - 4Rq_2 = 3L \frac{4B}{19R} - 2L \cdot \frac{3}{19} \frac{B}{R} = \frac{12}{19} \frac{BL}{R} - \frac{6}{19} \frac{BL}{R} = \frac{6}{19} \frac{BL}{R}}{}$$

$$\cancel{3q_1 - 4q_2 = \frac{6}{19} \frac{BL}{R^2}}$$

$$L \frac{dI}{dt} = 3RI_1 + 3L \frac{dI_1}{dt} \quad \text{— равенство напряжений на катушке } L \text{ и катушке } 3L \text{ с сопротивлением } 3R.$$

$$L dI = 3R I_1 dt + 3L dI_1$$

$$\int_0^I L dI = \int_0^{q_1} 3R dq_1 + \int_{I_0}^0 3L dI_1$$

$$LI = 3Rq_1 - 3LI_0$$

$$\text{В установившемся режиме } I = \frac{B}{R}.$$

$$\frac{LB}{R} = 3Rq_1 - 3L \cdot \frac{4}{19} \frac{B}{R}$$

$$3Rq_1 = \frac{12}{19} \frac{LB}{R} + \frac{LB}{R}$$

$$3Rq_1 = \frac{31}{19} \frac{LB}{R}$$

$$q_1 = \frac{31}{57} \frac{LB}{R^2}$$

$$\text{Ответ: } 1) I_0 = \frac{4B}{19R}; \quad 2) I = \frac{12B}{19L}; \quad 3) q_1 = \frac{31LB}{57R^2}.$$



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

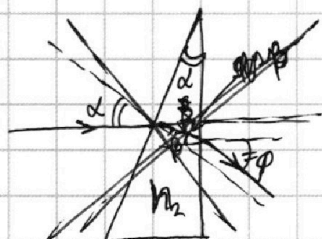
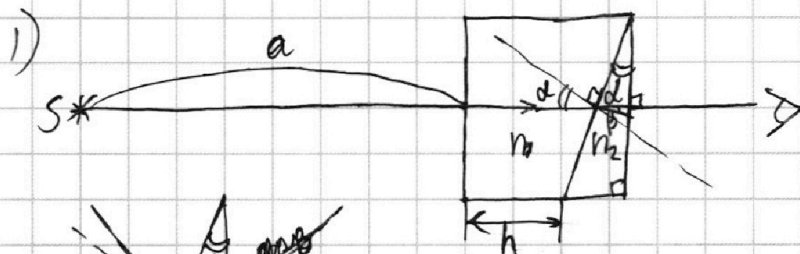
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

N5



$n = n_2 = 1.0 \Rightarrow$  проходит через первую призму, луч не будет отклоняться.

Угол падения луча на левую грань призмы  $n_2$  равен  $\alpha$ .

Закон Снелла ( $\alpha \ll 1, \beta \ll 1, \varphi \ll 1$ ):

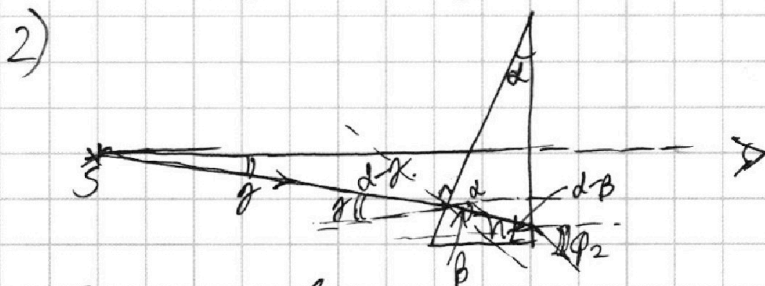
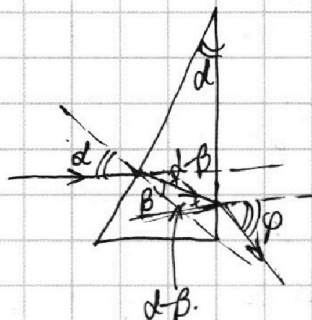
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_2 \Rightarrow \frac{\alpha}{\beta} = n_2.$$

$$\beta = \frac{\alpha}{n_2}.$$

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \beta} = n_2 \Rightarrow \varphi = \beta n_2 =$$

$$\frac{\sin \varphi}{\sin(\alpha - \beta)} = n_2 \Rightarrow \varphi = n_2(\alpha - \beta) = n_2\alpha - \alpha = \alpha(n_2 - 1) = 0.1(1.7 - 1) \text{ рад.} =$$

$$= 0.1 \cdot 0.7 \text{ рад.} = 0.07 \text{ рад.}$$



Пусть луч пойдет из источника под углом  $\alpha \ll 1$  к нормали.

Угол падения луча на левую грань призмы  $n_2$  равен  $\alpha$ .



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

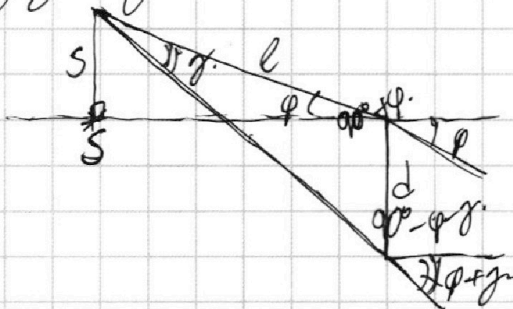
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{\sin(d-\gamma)}{\sin\beta} = n_2 \Rightarrow \beta = \frac{d-\gamma}{n_2}.$$

$$\frac{\sin\varphi_2}{\sin(d-\beta)} = n_2 \Rightarrow \varphi_2 = n_2(d-\beta) = n_2\left(d - \frac{d-\gamma}{n_2}\right) = n_2d - d + \gamma.$$

$$\varphi_2 = \varphi + \gamma.$$

Пусть  $d$  — расстояние между точками выхода из призм  
двух лучей.  $d \approx (a+h)\gamma$ .



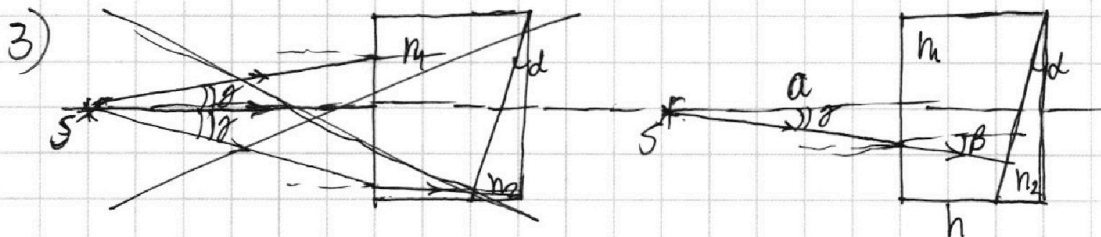
Т. синусов:

$$\frac{\gamma}{\sin\gamma} = \frac{\sin\gamma}{\gamma} = \frac{\sin(90^\circ - \varphi - \gamma)}{\gamma}$$

$$l = \frac{\cos(\varphi + \gamma)}{\gamma} d \approx \frac{d}{\gamma} \approx a + h.$$

$$s \approx l \sin\varphi = l\varphi = (a+h)\varphi =$$

$$\approx 104.007 \approx 7.28 \text{ см.}$$



Угол отклонения луча, падающего  $\perp$  на призму  $n_1$ , равен  $\varphi = 0.07$  рад.

При  $\gamma \ll 1$ :

$$\frac{\sin\gamma}{\sin\beta} = n_1 \Rightarrow \beta = \frac{\gamma}{n_1}$$

Аналогично  $n_2$ , угол падения луча на левую грань призмы  $n_2$   
равен  $d - \beta = d - \frac{\gamma}{n_2}$ .



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

$$d \approx a\gamma + h\beta \approx a\gamma + h\left(\frac{\gamma}{n}\right) \approx \left(a + \frac{h}{n}\right)\gamma.$$

$$l \approx \frac{d}{\gamma} \approx \left(a + \frac{h}{n}\right)$$

$$s \approx l\varphi \approx \left(a + \frac{h}{n}\right)\varphi \approx \cancel{110} \approx \cancel{110} \approx \left(90 + \frac{10}{14}\right) \cdot 0,07 \approx \\ \approx 0,07 \cdot (90 + 10) \approx 0,07 \cdot 100 \approx 7 \text{ см.}$$

Ответ: 1)  $\varphi \approx 0,07 \text{ рад.}$ ; 2)  $s \approx 7,28 \text{ см}$ ; 3)  $s \approx 7,00 \text{ см.}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

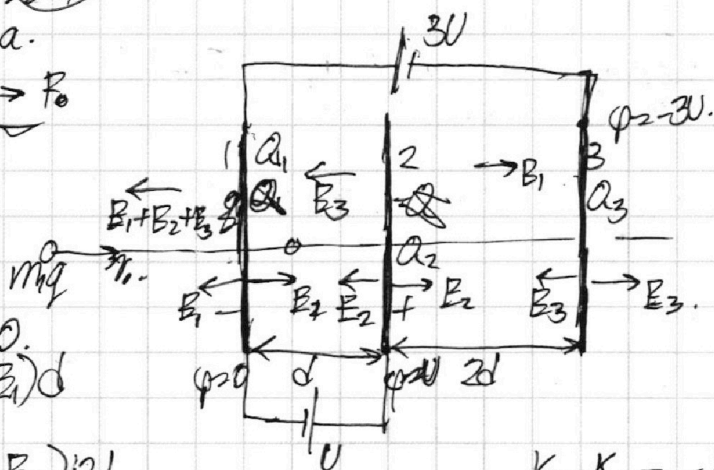
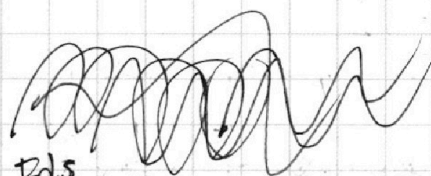
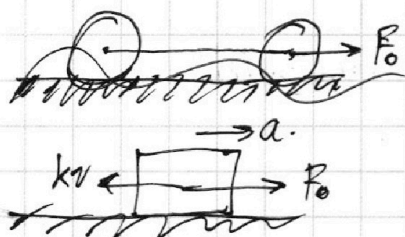
$$v_0 = 10 \text{ м/с.}$$

$$ma_0 = P_0 - kv.$$

$$v_k = 25 \text{ м/с.}$$

$$P_k = kv_k.$$

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{Eds}{dt} = Fv.$$



$$\begin{cases} Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \\ U = (E_2 + E_3 - E_1)d \\ 2U = (E_1 + E_2 - E_3)2d \end{cases}$$

$$K_1 - K_2 = -A = -qEd.$$

$$\begin{cases} E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ U = E_2 + E_3 - E_1 \\ 2U = E_1 + E_2 - E_3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2E_2 = \frac{3U}{d} \\ E_2 = \frac{3U}{2d} \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1 - E_3 = \frac{1}{2}U \\ E_1 + E_3 = -\frac{3}{2}U \end{cases}$$

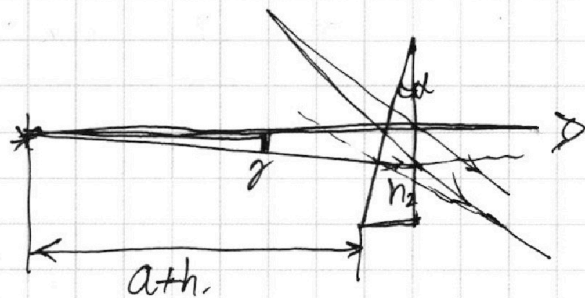
$$E_3 = -\frac{3U}{2d} + \frac{1}{2}U = -\frac{U}{d}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2E_1 = -\frac{U}{d} \\ E_1 = -\frac{U}{2d} \end{cases}$$

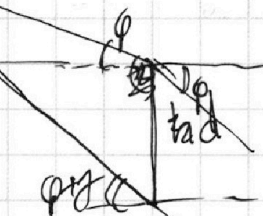
$$\begin{cases} E_2 = \frac{3U}{2d} \\ E_3 = -\frac{U}{d} \end{cases}$$

$$\frac{1047}{1000} \approx \frac{728}{1000} \text{ см.}$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{r} &= \frac{1}{\sin(90^\circ + \varphi)} \\ \frac{d}{r} &= \frac{1}{\cos \varphi} \\ l \approx \frac{d}{\cos \varphi} &= a + h. \end{aligned}$$



$$d = (a + h) \tan \varphi.$$



$$s = l \sin \varphi = (a + h) \varphi.$$

$$s = l \sin(90^\circ + \varphi) = l \cos \varphi$$



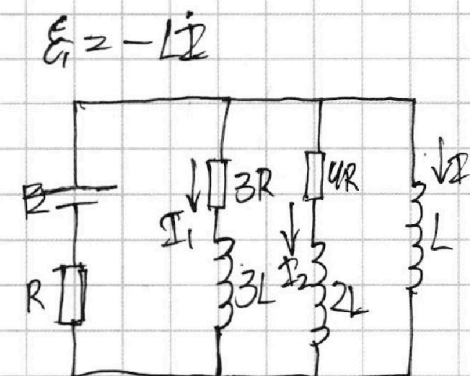
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 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!



$$3RI_1 + 3LI_1 = 4RI_2 + 2LI_2$$

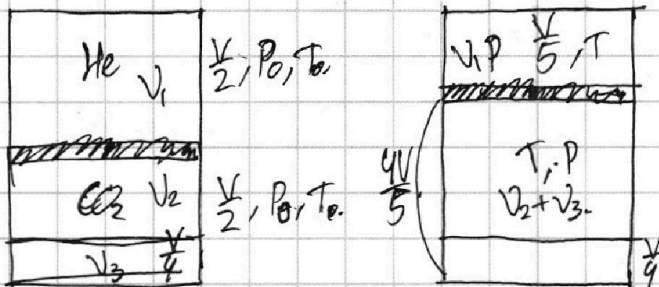
$$3RI_1 + 3L \frac{dI_1}{dt} = 4RI_2 + 2L \frac{dI_2}{dt}$$

$$3Rdq_1 + 3LdI_1 = 4Rdq_2 + 2LdI_2$$

$$W_{3L} + W_{2L} + qE = W_L$$

$$3RI_1 + 3L \frac{dI_1}{dt} = L \frac{dI_1}{dt}$$

$$3Rdq_1 + 3LdI_1 = LdI_1$$



$$\frac{4V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{16-5}{20} V = \frac{11}{20} V$$

$$\begin{cases} P_0 \frac{V}{2} = V_1 RT_0 \\ P_0 \frac{V}{4} = V_2 RT_0 \\ \frac{V}{V_2} = 2 \end{cases}$$

$$V_2 = \frac{1}{2} V_1$$

$$P_0 \frac{V}{2} = V_1 RT_0$$

$$V_3 = K \cdot \frac{V}{4} \cdot P_0 = \frac{1}{4} KVP_0$$

$$P_1 = P_2 = P_3 = P = \frac{11}{20} P_0 = (V_2 + V_3) RT$$

$$P = P_1 + P_{\text{atm}}$$

$$P \frac{V}{5} = V_1 RT$$